

И. К. КИСЕЛЕВА

**РЕГУЛИРОВАНИЕ
ВОДНО-СОЛЕВОГО
РЕЖИМА ПОЧВ
УЗБЕКИСТАНА**

ИФАН

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ХЛОПКОВОДСТВА (СоюзНИХИ)

И. К. КИСЕЛЕВА

РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНО-СОЛЕВОГО РЕЖИМА ПОЧВ УЗБЕКИСТАНА



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ФАН» УЗБЕКСКОЙ ССР
ТАШКЕНТ-1973

УДК 631:62.87 (575.1)

И. К. Киселева. Регулирование водно-солевого режима орошаемых почв Узбекистана.

В книге дана характеристика природных условий орошаемых земель Узбекистана с указанием факторов формирования режима грунтовых вод; показан солевой и водный режимы слоя аэрации в зависимости от механического состава почвы, глубины и минерализации грунтовых вод.

Даны величины проникновения атмосферных осадков и оросительной воды до уровня грунтовой в зависимости от глубины ее залегания, выращиваемой культуры, времени ее полива по фазам вегетации и степени засоления почвы. Приведены данные урожая хлопка и сезонного засоления почвы в зависимости от глубины залегания грунтовых вод и их минерализации, оросительных норм в различных почвенно-климатических зонах.

Сделаны предложения по критическим режимам грунтовых вод в различных почвенно-гидрологических условиях. Эти режимы в сочетании с определенными режимами орошения позволяют уменьшить сезонное засоление почв и до минимума снизить потребность в промывках.

Книга рассчитана на научных работников по орошению и мелиорации засоленных почв и на проектировщиков мелиоративных систем.

Рисунков — 22, таблиц — 60, в списке литературы — 81 наименование.

Ответственный редактор
академик АН УзССР *С. Н. РЫЖОВ*



Издательство «Фан» УзССР, 1973 г.

ВВЕДЕНИЕ

В периодической печати и на ряде мелиоративных совещаний последних лет непрерывно дискутируется вопрос о глубине понижения уровня грунтовых вод дренажными сооружениями как в зоне избыточного увлажнения, так и в зоне земель, подверженных процессам засоления.

Большинство специалистов считают, что глубина понижения уровня грунтовых вод зависит от их минерализации (А. Н. Костяков, О. А. Грабовская, Д. М. Кац, Ф. Рахимбаев и др.) Некоторые авторы полагают, что глубина понижения грунтовых вод должна определяться климатическими факторами (В. А. Ковда, В. А. Егоров, А. Т. Морозов) и нашли математическую зависимость критической глубины залегания грунтовых вод от температуры воздуха. Б. Б. Польшов, впервые введший понятие «критической глубины грунтовых вод», связал ее с капиллярными свойствами почвы. Б. В. Федоров определил ее в зависимости от механического состава почв и типа минерализации грунтовых вод. Он определил, что на песчаных почвах она равна 1,2 м и увеличивается до 2,7 м на однородных пылевато-суглинистых почвах (1953).

В. М. Легостаев до 1956 г. считал, что грунтовые воды нужно понижать глубже 3 м, чтобы избавиться от промывных поливов, но с 1957 г. рекомендует поддерживать уровень грунтовых вод на глубине около 1 м от поверхности земли для опресненных грунтовых вод и до 1,5—2 м для грунтовых вод с минерализацией до 10 г/л по плотному остатку. Позже на Объединенной сессии ВАСХНИЛ и АН УзССР 14—16 III 1967 г. В. М. Легостаев уже выделил районы со слоистым сложением грунтов, где рекомендует глубину грунтовых вод 1 м, для районов с однородным сложением грунтов — до 2 м.

На этой же сессии впервые отмечена необходимость районирования норм осушения в зависимости от природных условий (В. В. Егоров.)

Нам представляется целесообразным проведение анализа всех имеющихся в нашем распоряжении материалов с точки зрения

влияния глубины залегания грунтовых вод различной минерализации на засоление корнеобитаемого слоя почвы при различном литологическом строении слоя аэрации. Вызвано это тем, что опытные станции СоюзНИХИ, размещенные в зоне орошаемого хлопководства с примерно одинаковыми климатическими условиями вегетационного периода, при почти одинаковых мелиоративных приемах за 40 лет деятельности не добились одинакового мелиоративного состояния своих территорий.

На территории Ферганской (Федченковской) опытной станции мелиорация засоленных земель осуществлялась с помощью системы открытых дрен глубиной 1,5—1,8 м при междренних расстояниях 200—250 м. К 1955 г. там было достигнуто почти полное опреснение слоя аэрации (до 0,007—0,012% по хлору), а минерализация грунтовой воды оставалась на уровне 5—7 г/л по плотному остатку и 0,120—0,200 г/л по хлору. Углубление дрен в 1964—1965 гг. до 2—2,5 м с одновременным их закрытием при той же удельной протяженности в южной и несколько увеличенной на небольшой площади в северной части территории резко снизило минерализацию грунтовых вод (до 3—3,5 г/л по плотному остатку) и практически исключило сезонную реставрацию засоления.

На территории Бухарской опытной станции агротехнические мелиоративные мероприятия осуществлялись с момента освоения территории, но дренирование началось лишь с 1950 г., когда был углублен коллектор «Чакмак» межхозяйственного значения и осуществлена промывка массива Хасан-Хан с помощью системы временного дренажа. В 1958—1959 гг. произведено укрупнение поливных карт и капитальная планировка. В настоящее время почвенный слой в зоне аэрации опреснен до 0,010—0,015% по хлору и минерализация грунтовых вод понижена до 3—3,5 г/л по плотному остатку и до 0,100—0,080 г/л по хлору.

Опытные станции, размещенные на территории северной части Голодной степи, несмотря на сорокалетнее свое существование и ведение хозяйства в условиях системы закрытого глубокого дренажа (2,5—3,5 м ЦОМС СоюзНИХИ), а также при разреженной сети коллекторов (Пахтааральская опытная станция) до 1959 г., а позже при вертикальном дренаже с периодической откачкой не могут обходиться без грузных промывных поливов. Кроме того, на Пахтааральской опытной станции и в совхозе «Пахтаарал» в последние годы норма этих поливов увеличилась до 3,5—5 тыс. м³/га, а в отдельных случаях — до 7500 м³/га (Корелис, 1968).

Засоление пахотного слоя почвы к осени в 1965—1968 гг. достигло 0,08—0,12% по хлору, а после промывок вышеуказанными нормами не было ниже 0,020—0,025%.

Особенностям мелиоративных мероприятий, глубинам понижения грунтовых вод и соответствующим им режимам орошения и посвящается предлагаемая работа.

Работа составлена на основании наших исследований в районах Голодной степи (Центральная мелиоративная станция в Зо-

лотой Орде, 1945—1949 и 1964—1967 гг.; Пахтааральская опытная станция СоюзНИХИ, 1950—1955 гг.; совхоз № 5 им. Гагарина в зоне Южно-Голодностепского канала, 1962-1967 гг.), а также сделанных обобщений (сводные отчеты 1955-1970 гг.) по сети мелиоративных станций СоюзНИХИ и по имеющимся в нашем распоряжении литературным данным.

Мы считаем, что на современном уровне развития мелиоративных работ при освоении новых земель под орошение, которые в основном засолены или подвержены процессам засоления, очень важно правильно оценить природные условия осваиваемого массива и определить пути и способы мелиорации этих земель с наиболее экономичным решением проблемы освоения и максимальным народнохозяйственным эффектом от производимых материальных и трудовых затрат.

Одним из основных показателей эффективности мелиоративных мероприятий является продолжительность мелиоративного периода и себестоимость выращиваемых урожаев в эксплуатационный период. Этот показатель зависит от соответствия глубины залегания грунтовых вод в летний период литологическому сложению мелиорируемой почвенной толщи, а также режима орошения, соответствующего выращиваемым культурам. Иными словами, глубина понижения грунтовых вод и режим орошения должны быть районированы в соответствии с природными особенностями того или иного земельного массива. Поэтому в работе дается краткая характеристика климатических, почвенных и гидрогеологических условий; закономерностей формирования режимов грунтовых вод в сезонном и многолетнем разрезах по ряду земельных массивов Узбекистана, характеризующих мелиоративными станциями СоюзНИХИ, кроме того, анализируется эффективность мелиоративных систем в зависимости от типов и насыщенности дренажных устройств до особенностей водопользования и агротехники применительно к каждому природному комплексу с показанием динамики солевых процессов в слое аэрации и верхнем слое грунтовых вод.

КРИТИЧЕСКАЯ ГЛУБИНА ГРУНТОВЫХ ВОД

Взгляды на глубину залегания грунтовых вод в зоне орошаемого земледелия формировались в течение продолжительного (полувекового) периода и в различных природных условиях. Поэтому, может быть, они и носят такой разноречивый характер. Но даже в пределах одной области — в Голодной степи — для одной и той же территории даются совершенно различные рекомендации.

Д. М. Спиридонов (1921) пишет, что в Голодной степи при глубине грунтовых вод 3,2—4,3 м засоление в верхнем слое почвы проявляется слабо, при глубине более 2,1 м почвы и растительность носят лугово-болотный и солончаковый характер. И только при глубине 6,4—8,5 м грунтовые воды не оказывают влияния на засоление почв.

У Н. И. Курбатова (1926) есть замечание, что в первый период борьбы с засолением в Голодной степи было решение держать грунтовые воды на глубине не менее 2 м от поверхности земли с одновременным проведением мероприятий по ослаблению капиллярного выноса солей.

В. С. Малыгин (1934) и Е. Г. Петров (1934) считали, что критическая глубина грунтовых вод в Голодной степи равна высоте капиллярного подъема, т. е. 3—4 м. Этой же точки зрения придерживался В. М. Легостаев (1953), но допускал увеличение ее еще на мощность корнеобитаемого слоя.

И. Н. Банасевич, С. В. Зонн и др. (1934), анализируя процессы засоления и рассоления почв в дельте р. Терека, пришли к выводу, что критическая глубина грунтовых вод в каждом районе имеет свою среднюю величину, которая определяется микроклиматическими условиями и сильно варьирует в зависимости от механического состава грунтов.

В. А. Ковда (1947) принимает величину критической глубины 2,8 м, а М. М. Крылов (1949) считал, что она не превышает 2,2 м, так как с этой глубины в Голодной степи испарение грунтовых вод значительно ослабляется.

Н. А. Кенесарин (1948), оценивая критическую глубину грунтовых вод по урожайности хлопчатника, пришел к выводу, что наи-

более благоприятные условия для выращивания этой культуры создаются при залегании грунтовых вод глубже 3 м.

В 1953 г. в одной из своих статей В. М. Легостаев писал, что горизонтальный дренаж малоэффективен, когда грунтовые воды находятся под значительным напором, так как создаваемый им перепад в гашении напорной энергии порядка 1,5—2,5 м бывает недостаточным для прекращения притока воды с больших глубин и больших площадей.

В. М. Легостаев (1953—1954) считал, что во всех староорошаемых районах Средней Азии минерализация грунтовых вод изменяется в пределах от 4 до 8 г/л по плотному остатку. «При такой минерализации и при глубине залегания грунтовых вод 3 м,— по его подсчетам,— в корнеобитаемую зону хлопкового поля из грунтовых вод будет подтягиваться 5—8 т/га солей, а на полях люцерны при тех же условиях — 12—16 т/га, что требует периодических промывок. Следовательно, чтобы избавиться от промывных поливов, нужно понизить уровень минерализованных грунтовых вод на 3 м и больше от поверхности земли».

Далее сделанную рекомендацию Легостаев подтверждает ссылками на отсутствие засоления в Мургабском оазисе при глубинах залегания грунтовых вод от 2,5 до 6,5 м, в Ферганской долине при глубине 3—5 м и на наличие сезонного засоления при глубинах от 2 до 3 м и утверждает, что «...понижение уровня грунтовых вод до 3 м и глубже на гребне депрессионной кривой в большинстве случаев может быть достигнуто только путем вертикального дренажа, практическому применению которого и должно быть уделено особое внимание».

Такие рекомендации высказал В. М. Легостаев на Объединенной научной сессии АН УзССР и СоюзНИХИ по вопросам развития хлопководства в 1954 г. В этом же докладе он привел данные о суммарном испарении грунтовых вод по лизиметрическому опыту, проводимому на всех мелиоративных станциях, в том числе и наши данные по Пахтааральской опытной станции, на основании которых заключил, что они должны быть положены в основу при установлении норм осушения для гидрогеологической зоны выклинивания, имеющей пресные грунтовые воды.

В. М. Легостаев (1962) утверждает, что под воздействием комплекса гидро- и агротехнических мелиораций минерализация грунтовых вод может быть быстро снижена до приемлемых в сельском хозяйстве величин. Так как близкое к поверхности залегание грунтовых вод позволяет хлопчатнику 78—79% водопотребления удовлетворять за счет грунтовых вод, то большую высоту и скорость капиллярного подъема он считает положительным фактором. На основании этого он дает новое понятие: «под критической глубиной мы понимаем такую глубину, при которой получается наивысший урожай той или иной культуры при наименьших затратах воды на вегетационные поливы и послеполивные обработки».

На Всесоюзном совещании по мелиорации, проходившем в Таш-

кенте (февраль 1964 г.), В. М. Легостаев рекомендацию поддержания уровня грунтовых вод на глубине около 1 м распространил уже на всю гидрогеологическую зону рассеивания грунтовых вод. Затем эта рекомендация многократно повторяется (1967, 1969).

Видимо, к этой же группе взглядов следует отнести опубликованную Израэльсоном (1956 г.) сложившуюся в США оценку качества земель по глубине залегания грунтовых вод — почвы считаются хорошими, если грунтовые воды устойчиво залегают глубже 2,1 м и не более 30 дней в течение года повышаются до 1,80; при глубине их от 1,2 до 1,8 м — неудовлетворительными и при глубине 1,2 м и ближе — плохими.

Все приведенные выше взгляды на оптимальную и критическую глубину залегания грунтовых вод основываются на опытах в различных почвенных, климатических и гидрогеологических условиях и не отражают каких-либо закономерностей и функциональных зависимостей, за исключением данных В. С. Малыгина, Е. Г. Петрова (1934) и Легостаева (1953).

Но существуют и другие мнения по поводу критической глубины залегания грунтовых вод.

Так В. А. Ковда (1946) на основании наблюдений в различных почвенно-мелиоративных условиях для среднеминерализованных грунтовых вод лесово-суглинистых почв Средней Азии определил критическую глубину 2 м, для почв Муганской и Сальянской степей 1,5 м, для почв Заволжья 1,3 м. Позже (1946а) В. А. Ковда, А. Т. Морозов и В. В. Егоров критическую глубину залегания грунтовых вод предложили вычислять в зависимости от среднегодовой температуры воздуха (X) из уравнения $Y = 170 + 8X \pm 15$ см.

Тогда для условий Голодной степи по среднемноголетним данным она лежит в пределах 257—287 см, т. е. практически не отличается от глубин, временно рекомендуемых А. Ф. Слядневым (1955) и Б. Ф. Федоровым (1954) для солончаковых почв с сульфатно-хлоридным типом минерализации грунтовых вод и с пылевато-суглинистым однородным сложением слоя аэрации, — 2,0—2,7 м; с легко-суглинистым, тяжелосуглинистым и слоистым сложением — 2,0 м и для песчаных почв — 1,2 м. В сазовых областях с болотным и лугово-болотным типом почв и бикарбонатным типом грунтовых вод — 1,2—1,5 м, в сазово-солончаковых областях с сульфатным типом минерализации грунтовых вод и луговыми почвами — 1,8—2,2 м.

Б. В. Федоров (1967) считает, что избавиться от вторичного засоления можно только при условии поддержания критического режима грунтовых вод, при котором в годовом цикле процесс периодического соленакопления сменяется процессом периодического рассоления. В одних природных условиях критический режим будет при луговом процессе почвообразования, в других при сероземно-луговом.

Н. М. Решеткина (1967) считает, что при мелиорации земель на основании балансовых расчетов следует проектировать тот или

иной «мелиоративный режим». Она полагает, что наибольшими затратами воды характеризуется луговой мелиоративный режим, наименьшими — автоморфный и средними — переходный от лугового к автоморфному.

С. Ф. Аверьянов (1967) считает, что настало время пересмотреть понятие критической глубины и критического режима, так как критическая глубина зависит от ряда факторов — климата, категории почвы и грунтов, характера засоления, состава выращиваемых культур и т. д. Поэтому величина критической глубины, полученная для одного участка, не может быть перенесена на другой.

Для обоснования дренажа нужно определить его рассоляющий эффект, т. е. установить течение процесса рассоления, связав параметры дренажа со сроками и глубинами опреснения. С. Ф. Аверьянов утверждает, что предпочтение следует отдавать глубокому дренажу, при котором затраты оросительной воды снижаются.

Д. М. Кац (1963) на основании полевых и лизиметрических наблюдений рассчитал критическую глубину залегания грунтовых вод исходя из условий сезонного соленакопления в верхнем подуметре слоя аэрации для некоторых геоморфологических элементов Голодной степи:

Общая минерализация, г/л	Вторая и третья террасы р. Сыр-дарьи	Озерная терраса	Шурузьякское и Сардобинское понижения
3	1,6	1,85	2,06
3—5	1,6—1,96	1,85—2,20	2,06—2,35
5—8	1,96—2,25	2,20—2,40	2,35—2,50
8—10	2,25—2,36	2,40—2,50	2,50—2,65

По этому же принципу определены критические глубины залегания грунтовых вод Ф. Рахимбаевым (1962) для условий Хорезмской области при исходном содержании иона хлора в метровом слое почвы:

Минерализация грунтовых вод по плотному остатку	по хлору, г/л	Степень засоления		
		0,005%	0,010%	0,015%
1—3	0,164—0,494	1	1,0—1,1	1,0—1,5
3—5	0,494—0,822	1—1,2	1,1—1,8	1,9—2,5
5—8	0,822—1,314	1,2—1,8	1,8—2,2	2,5—2,7
8—10	1,314—1,640	1,8—2,0	1,8—2,2	2,7—1,8

А. А. Рачинский (1964) для Хорезма предлагает глубину понижения грунтовых вод определять в зависимости от засоленности почвы и механического состава грунтов:

Засоление	Легкие почвы (супесь, средний и легкий суглинок)	Тяжелые почвы (глина, тяжелый суглинок)
Слабое	1,8	2,0
Среднее	2,0	2,5
Сильное	2,5	3,0

Рекомендация А. Н. Костякова (1951) для лессовых почв сделана также по суммарной минерализации грунтовых вод, но с большими значениями критических глубин, чем у Д. М. Каца:

Минерализация, г/л	1,5—5,0	5,0—3,0	3,0—1,5
Критическая глубина, м	3,5—3,0	3,0—2,2	2,2—1,5

Для таких же почв Таджикистана О. А. Грабовская (1954) дает критическую глубину в зависимости от общей минерализации грунтовых вод: > 7 г/л — 3—4 м; при 3—4 г/л — 2—3 м и при 1,5—3 г/л — 1 м. Для условий Каралангской низины Таджикистана она установила допустимую глубину залегания грунтовых вод по сезонному накоплению иона хлора в почве в зависимости от содержания его в грунтовой воде:

Минерализация по хлору, г/л	1,5—0,5	0,5—0,2	0,2
Критическая глубина, м	4—3	3—2	2—1

П. А. Панкратов (1969) определение норм осушения от исходной минерализации грунтовых вод считает ошибочным, вследствие большой динамичности минерализации грунтовых вод на орошаемых землях при неглубоком их залегании: «Правильнее брать за основу глубину до грунтовых вод, которая может обеспечить максимальный урожай намечаемых к выращиванию сельскохозяйственных культур».

При недопустимой минерализации грунтовых вод он предлагает понизить ее промывками, а затем поддерживать промывным режимом орошения.

Н. А. Беседнов (1958) считает, что для определения критической глубины решающее значение имеет скорость капиллярного поднятия, которая зависит от свойств почво-грунтов и восходящего раствора и не зависит от величины испарения.

Для глин и суглинков с хорошими фильтрационными и водоподъемными свойствами он принимает критическую глубину 2—2,5 м, для тех же грунтов со средними свойствами — 1,5—2,0 м и с плохими и очень плохими — 1,0—1,5 м.

Этот же принцип положен в основу определения критической глубины В. С. Малыгиным и Е. Г. Петровым (1934), этого принципа придерживался и В. М. Легостаев до 1953—1954 гг.

Вероятно, первым засоление за счет капиллярного выноса солей из минерализованных грунтовых вод заметил А. Миддендорф (1882).

Ссылки на литологическое строение имеются также у М. М. Крылова (1954), когда он дал определение понятия критической глубины залегания грунтовых вод как глубины, при которой процессы вторичного засоления максимально подавлены системой хозяйственных мероприятий, обеспечивающих высокий урожай сельскохозяйственных культур, и указал, что критическая глубина грунтовых вод относительно поверхности земли при всех прочих условиях зависит от механического состава зоны аэрации, который определя-

ет высоту и скорость капиллярного поднятия (цит. по А. И. Шевченко, 1954).

Б. В. Федоров (1954) под критическим режимом грунтовых вод понимает такой режим, при котором процессы засоления и рассоления уравниваются или первый начинает преобладать над вторым.

В. Р. Волобуев (1945) вводит понятие об эффективном критическом уровне как о среднеарифметической глубине залегания грунтовых вод за период вегетации, в течение которого соленакопление не превышает допустимого предела для выращиваемых сельскохозяйственных культур.

При рассмотрении всех критериев глубины залегания грунтовых вод положение, высказанное Б. А. Михельсоном (1967), стоит особняком. Оно основано на том, что причиной засоления почв является их недостаточная дренированность, которую автор принимает за количество воды, отводимой в единицу времени с единицы площади при поддержании уровня грунтовых вод на глубине 1,5—2 м. Определение нужной дренированности при этом ведется на основе водных балансов (общего и подземных вод).

Д. М. Кац (1963) считает, что мелиоративное состояние земель удовлетворительно, если дренированность составляет 30% от суммарного водопоступления.

Из всех перечисленных понятий о критических глубине и режиме грунтовых вод можно заключить, что глубина понижения грунтовых вод, обеспечивающая благоприятные мелиоративные условия для сельскохозяйственного производства, зависит от механического состава мелиорируемой толщи почво-грунтов и от условий формирования режима уровня и минерализации грунтовых вод.

Влияние механического состава почвы на ее водопроницаемость (впитываемость) впервые обнаружил Вольни, а влияние на высоту капиллярного поднятия — Мейстер и Кинг (цит. по Коссовичу, 1904), проводившие исследования в трубках: Мейстер — на почвах различного механического состава, Кинг — на почвах различного механического состава и различной плотности сложения.

О передвижении воды в почве при различной плотности сложения пишет А. Ф. Лебедев (1919, 1930).

На степень подвижности влаги в почве в зависимости от плотности ее сложения обратил внимание С. Н. Рыжов (1952а, 1952б; 1954, 1964) при сравнении величин оросительных норм и урожаев при одинаковых глубинах залегания грунтовых вод на Пахтааральском опытном поле при рыхлом сложении, Чарджоуском и Федченковском при более плотном сложении и тяжелом механическом составе. В 1954 г. уменьшение водоподачи от грунтовых вод при наличии плотной прослойки отметил Н. К. Балябо.

Интересны приводимые С. Н. Рыжовым данные по урожайности хлопчатника в зависимости от оросительных норм при одинаковой глубине грунтовых вод, но при различной плотности сложения и механическом составе слоя аэрации (табл. 1).

Из табл. 2 видно, что опытные участки отличаются друг от друга механическим составом почв и плотностью их сложения.

С. Н. Рыжов обращает внимание на различия в содержании фракции крупной пыли (0,01—0,05 мм), которой особенно много в светло-сероземных почвах Пахтааральского опытного поля (ныне опытная станция Голодная степь), и пишет, что именно эта фракция

Таблица 1

**Урожайность хлопчатника в зависимости
от оросительной нормы при одинаковой глубине
грунтовых вод (С. Н. Рыжов, 1954)**

1949 г.			1950 г.		
число по- ливов	ороситель- ная норма, м ³ /га	урожай, ц/га	число по- ливов	ороситель- ная норма, м ³ /га	урожай, ц/га
Пахтааральское опытное поле					
1	900	43,0	1	900	46,7
2	1800	46,8	2	1800	46,7
3	2700	47,9	3	2700	45,1
4	3600	45,0			
Чарджоуское опытное поле					
2	1400	24,4	2	1400	18,0
3	2100	24,5	3	2100	20,1
4	2800	35,3	4	2800	25,1
5	3500	37,0	5	3500	28,5
6	4200	41,7	6	4200	31,0
			7	4900	32,2
Федченковское опытное поле					
1939 г.			1945 г.		
4	3000	41,2	3	2460	16,0
5	3600	42,5	3	2860	24,9
5	3800	45,4	4	3496	29,1
6	4400	46,1	4	3806	28,8

при содержании ее от 50 до 70% обеспечивает бóльшую скорость и высоту капиллярного подъема, что обуславливает высокую «мобильность» влаги и питательных веществ в светлых сероземах и позволяет на промытых почвах получать высокие урожаи при очень небольших затратах оросительной воды.

С. Н. Рыжов (1952а, 1952б, 1954) как почвовед и специалист по орошению хлопчатника, сосредоточил свое внимание на экономии оросительной воды и объяснил это особым механическим и агрегатным составом светлых сероземов, сформированных на лессах и лесовидных суглинках. Не обратив внимания на процессы засоления почв, он указывал, что при глубине грунтовых вод 1,5—2 м от поверхности земли на промытых почвах, содержащих большое количество крупной пыли, можно значительно уменьшить оросительную норму по сравнению с тяжелыми луговыми почвами. Этот тезис он

подтверждает дефицитами влаги в метровом слое почвы под хлопчатником на Федченковском и Пахтааральском опытных полях.

В нашей обработке эти данные показаны на рис. 1, из которого видно, что в начальный период вегетации (первая декада июня) слой 0—10 см в условиях Ферганской опытной станции имеет дефицит 18,4 мм, в Пахтаарале — 9,6, т. е. почти в 2 раза меньше, 25. VII дефицит этого слоя в обоих пунктах выравнивается (12,9—12,6 мм), а к концу августа на Ферганской опытной станции он

Т а б л и ц а 2

Плотность и механический состав почв
(С. Н. Рыжов, 1954)

Горизонт	Плотность, %	Содержание (в %) фракций, мм		
		0,01	0,001	0,01—0,05
Пахтааральское опытное поле				
0—25	1,25	35,5	14,9	56,9
25—35	1,36	37,1	13,0	54,1
100—110	1,34	33,2	9,2	61,2
Чарджоуское опытное поле				
0—17	1,35	52,8	18,6	34,1
50—60	1,57	53,1	18,6	36,2
120—130	1,57	50,6	18,0	35,5
Федченковское опытное поле				
0—25	1,22	61,6	25,7	28,1
30—40	1,49	60,3	25,4	27,2
50—60	1,50	48,4	21,1	29,2
70—80	1,54	64,1	24,7	25,6
90—100	1,57	63,1	27,9	22,8

уменьшается до 10,9 мм, в Пахтаарале до 0,9 мм. И если в Фергане отмечено иссушение всего метрового слоя при максимуме его в слое 0—10—10,9 мм и минимуме в слое 90—100—5,3 мм, то в Пахтаарале максимальное иссушение в слое 10—20 см — 3,8 мм, и минимальное в слое 80—100 см — 1,2 мм.

В июне в Пахтаарале дефицита не было с глубины 60 см, а в Фергане с 70 см. Объяснения непостоянства разницы в дефиците влаги тяжелых и средних по механическому составу почв С. Н. Рыжов не дает.

Детальное исследование и теоретическое обобщение влияния механического состава на высоту и скорость капиллярного подъема позже сделано И. Н. Фелициантом (1958, 1959, 1961, 1964, 1971). Передвижение солевых растворов и накопление солей рассмотрено в работах О. В. Шаповаловой (1957), И. Н. Фелицианта (1971).

И. Н. Фелициант одним из главных факторов, влияющих на скорость и ориентацию движения грунтовых вод, считает литологичес-

кое строение профиля грунтов. На основании изучения капиллярных свойств слоистых грунтов, главным образом в лабораторных опытах, И. Н. Фелициант подтверждает вывод Н. К. Балябо (1954) о том, что почвогрунты со слоями, утяжеляющимися по механическому составу в верхней части литологического профиля, увеличивают высоту и скорость капиллярного поднятия. При определенном соотношении мощностей слоев такие почвогрунты обладают значительно лучшими капиллярными свойствами, чем грунты с обратным или смешанным расположением их и даже с однородным сложением

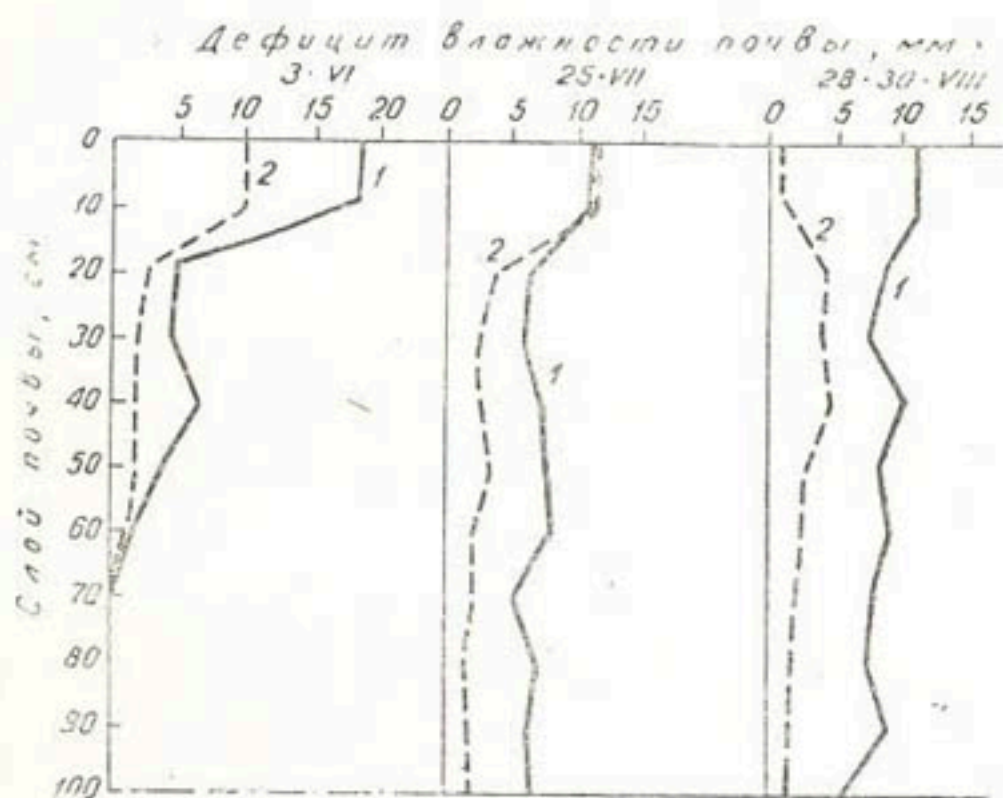


Рис. 1. Дефицит влажности почвы на хлопковых полях. Ферганское (1) и Пахтааральское (2) опытные поля (данные С. Н. Рыжова, 1952).

профиля. К этому же выводу пришел И. С. Калюжный (1956), проводивший почвенные исследования в Ферганской долине.

Исходя из данных различных авторов, работавших в различных природных условиях, нам представляется целесообразным сопоставить данные геоморфологического и гидрогеологического районирования с механическим составом почвогрунтов 2—3-метровой толщи мелиоративных опытных станций СоюзНИХИ на фоне природных особенностей каждой из них. С учетом механического состава грунтов в слое аэрации, проанализировать ход мелиоративного процесса на каждой станции и попытаться определить критический режим грунтовых вод для хлопчатника в условиях Голодной степи, где были сосредоточены наши исследования, а также сравнить Голодную степь с другими земельными массивами, подверженными процессам засоления.

ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ОАЗИСОВ УЗБЕКИСТАНА, ГДЕ РАЗМЕЩЕНЫ ОПЫТНО-МЕЛИОРАТИВНЫЕ СТАНЦИИ СоюзНИХИ

М. М. Крылов (1950) земли Узбекистана по гидрогеологическим условиям подразделяет на 2 основные группы оазисов: 1) орошаемые земли, грунтовые воды которых дренируются главной речной артерией, т. е. обеспечены подземным стоком; 2) орошаемые земли, грунтовые воды которых питаются стоком имеющихся водных магистралей.

К первой группе автор относит межгорные впадины типа Ферганской долины и Голодной степи, ко второй — земли нижних течений рек типа Хорезмского и Бухарского оазисов.

В первой группе оазисов Крылов выделяет районы с хорошим подземным оттоком, размещенные на склонах гор и конусах выносов, и с необеспеченным подземным стоком, размещенные в низинной части впадин и в центральных частях долин.

I. Голодная степь. М. М. Крылов в Голодной степи выделил 3 гидрогеологических района.

I. Горизонтального подземного стока.

II. Преобладающего застоя грунтовых вод с подрайонами:

а) преобладающего застоя грунтовых вод;

б) затрудненного горизонтального водообмена;

в) вертикального водообмена при установившемся многолетнем и неуставившемся сезонном равновесии между приходными и расходными статьями грунтовых вод.

III. Район подпора подземного потока (в пределах озерной террасы р. Сырдарьи).

Вероятно, в современном состоянии Голодной степи к третьему району должны быть отнесены все земли, прилегающие к Арнасайским озерам и Чардаринскому водохранилищу, т. е. вся западная и северо-западная часть Голодной степи.

М. А. Шмидт (1935), классифицируя подземные воды, выделяет шесть типов воды и десять водосодержащих комплексов, в том числе 9-й комплекс плоских равнин, приуроченных к осевым частям межгорных впадин и пустынно-степным пространствам, сложенным рыхлыми отложениями антропогена. Этот комплекс автор характеризует наличием сплошного зеркала грунтовых вод, которое в меж-

горных котловинах наклонено в сторону главных поверхностных водотоков (в Голодной степи), а в равнинных пустынно-степных пространствах — наоборот (Хорезм).

К. Я. Опришко на основании детальных гидрогеологических исследований Узгипроводхоза (1951—1953) выделяет в Голодной степи три гидрогеологических района:

I. Район обеспеченного местного подземного стока, к которому он отнес склоны Сардобинского и Шурузякского понижений и земли, тяготеющие к обрыву третьей террасы р. Сырдарьи.

II. Район слабообеспеченного местного подземного стока, к которому отнесена вся третья терраса р. Сырдарьи, или собственно Голодная степь.

III. Район необеспеченного местного подземного стока, куда отнесены центральные части Шурузякского и Сардобинского понижений, озерная терраса р. Сырдарьи. Видимо, к III району следует отнести и все остальные понижения типа Пахтааральской и Джетысайской депрессий.

О. К. Ланге (1949) считает, что для понимания явлений, связанных с формированием грунтовых вод, необходимо знание геоморфологической обстановки, и разделяет мнение В. С. Ильина (1922) о зональности распределения грунтовых вод, которая определяется тремя основными факторами: климатом, геоморфологией и литологией пространства, которое является областью расхода и питания грунтовых вод. Далее он утверждает, что на основании гидрогеологических исследований установлено, что на водораздельных пространствах грунтовые воды питаются только за счет атмосферных осадков. (а в нашем случае, вероятно, и за счет ирригационных вод — И. К.) или конденсационной влаги в результате термальных колебаний, сорбции и т. д. Наибольшее распространение грунтовых вод имеет место в речных долинах (реки Яуза, Чирчик).

Кроме зонального распределения грунтовых вод В. С. Ильин (цит. по О. К. Ланге) выделяет аazonальные воды, в формировании которых преобладает какой-то один фактор: литология, климат или геоморфология. К категории аazonальных вод О. К. Ланге относит воды аллювиальных отложений, жизнь которых преимущественно определяется гидрологическими факторами. В группу аazonальных грунтовых вод В. С. Ильин включил грунтовые воды горных областей, в которых климат и литология играют второстепенную роль.

Как на пример весьма важного влияния геоморфологического фактора на формирование грунтовых вод Ланге указывает на так называемую «зону грунтовых вод подгорных шлейфов и предгорных равнин». Эту зону он проследил от Джунгарского Алатау вдоль предгорий Кунгей-Алатау, Киргизского хребта, западных отрогов Тянь-Шаня, вдоль Алая и Туркестанского хребта, Гиссарского хребта и Копет-дага до Каспийского моря.

Зона грунтовых вод подгорных шлейфов примыкает к горным сооружениям, которые служат областью ее питания. Грунтовые воды предгорной зоны непосредственно у гор, в пределах верхних

частей конусов выносов, практически пресные, в зоне выклинивания они достигают минерализации 1 г/л, но в области погружения наблюдается очень интенсивное нарастание минерализации. На расстоянии нескольких километров от полосы выклинивания они достигают 5—6 г/л, а еще далее 30 и 100 г/л. Характер засоления грунтовых вод связан с характером засоления водоносных толщ. К этой зоне — зоне аazonальных вод и относится Голодная степь, в формировании грунтовых вод которой кроме геоморфологии и литологии еще очень важную роль играет гидрологический фактор, представленный орошением.

А. С. Уклонский (1954) с помощью изотопов обнаружил в Голодной степи три типа воды:

1. Сырдарьинская вода, найденная им в мелких наблюдательных колодцах как результат инфильтрации оросительной сырдарьинской воды.

2. Воды Чирчика и Ангrena найдены в древнем аллювии этих рек, уходящем под русло р. Сырдарьи.

3. Воды морского, озерного или нефтяного характера. Автор относит их к нефтяному типу воды.

Общий приток подземных вод в Голодную степь различные авторы исчисляют в различных величинах: по В. А. Ковда (1947) он равен 70 м³/га, В. М. Легостаев (1958) считает, что среднегодовое их поступление составляет от 2,5 до 4,0 тыс. м³/га, причем в восточной части Голодной степи оно больше, а в западной меньше. По данным Н. А. Кенесарина (1959), величина подземного притока равна 35 м³/сек, по Н. М. Решеткиной (1960), — 30 м³/сек, по М. А. Панкову (1963) на основании данных В. А. Шульца, — 90 м³/сек, в том числе только со стороны Туркестанского и Нуратинского хребтов — 1000 млн. м³ в год (31 м³/сек).

А. Ф. Сляднев (1959) приток в балансовый слой снизу в условиях колхоза им. XIX Партсъезда Сырдарьинского района определил в 4301 м³/га в год, в том числе в вегетационный период 1339 м³/га.

Д. М. Кац (1963) в пределах Пахтааральского и Ильичевского районов в 1956 г. выделил 6 балансовых районов (участков), в 4 из которых преобладание подземного притока над оттоком составляло от 1276 до 383 м³/га, а в 2 приток был меньше оттока на 682—1479 м³/га в год. В. Н. Гребенников (1968) называет величину подземного притока 90 м³/сек.

Н. Н. Ходжибаев и М. С. Алимов (1966) общий годовой подземный приток до орошения в Голодной степи определили равным 425,63 млн. м³, в том числе со стороны Туркестанского хребта — 173,44 со стороны Ферганской долины — 157,68 и со стороны Чирчик-Ангренского бассейна — 94,51 млн. м³ при подземном оттоке в Кызылкумы — 11,03 и выклинивании в р. Сырдарью — 78,84 млн. м³, испарение поверхностью и дикой растительностью по их данным равно 335,75 млн. м³, итого 425,13 млн. м³. Таким образом, превышение подземного притока над оттоком и испарением составляло

всего 0,5 млн. m^3 . По состоянию на 1960 г. подземный приток со стороны тех же источников снизился до 413,6 млн. m^3 .

Н. И. Биндеман (цит. по Н. М. Решеткиной, 1960) отрицает наличие подземного притока в Голодную степь со стороны Чаткало-Кураминских гор.

А. Л. Корелис (1968) для условий совхоза «Пахтаарал» подземный приток из песков в покровные суглинки исчисляет равным 500—600 $m^3/га$.

По нашим определениям водного баланса для территории совхоза «Пахтаарал» (И. К. Киселева, 1957) в отделении им. XXII Партсъезда он достигает 6054 $m^3/га$ в год, в отделении им. Октябрьской Революции — 2316, в отделении им. Ильича уменьшался до 1084 $m^3/га$ в год. В нижней части совхоза преобладал отток над притоком: 1317 $m^3/га$ в год в отделении им. Коминтерна и увеличивался в сторону поймы р. Сырдарьи в отделении им. Дзержинского до 3803 $m^3/га$.

Не говоря о достоверности той или иной величины подземного притока, исчисленного разными авторами, ибо достоверность их зависит от метода определения составляющих баланса, подземный приток в Голодную степь есть. Кроме того, величины притока, полученные для различных участков Голодной степи, справедливы только для конкретных участков, баланс которых определяется геоморфологическими и литологическими условиями. Можно только утверждать, что влияние его на режим грунтовых вод, водный и солевой режимы слоя аэрации в различных частях Голодной степи проявляется различно в соответствии с геоморфологическими и литологическими факторами, определяемыми характером рельефа и строением литологического профиля. Характер отложений в пределах равнины непостоянен по вертикали и в пространстве. Это непостоянство Г. Д. Антонова (1959) объясняет тем, что условия осадконакопления в разных районах Голодной степи были неодинаковы и формирование одних и тех же участков происходило при частой смене условий осадкообразования.

Центральная часть Голодной степи сформировалась в процессе аккумуляции субаэральных и субэквальных осадков, причем в северной и северо-восточной частях равнины основную долю составляют аллювиально-пролювиальные отложения, которые сформировались за счет аккумулятивной деятельности Сырдарьи и выноса материалов со склонов Чаткало-Кураминских гор.

На юге и юго-западе кроме аллювия значительную долю составляют отложения, связанные с выносом материалов со склонов Туркестанского хребта. Непостоянство характера, миграция, а в отдельных частях сезонность осадконакопления (периферия конусов выноса рек, стекающих с Туркестанского хребта) обусловили значительную неоднородность литологического состава в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Важное гидрогеологическое значение принадлежит мощным галечниково-песчаным отложениям в северо-восточной части Голод-

ной степи, находящимся под слоем суглинков и глин, мощность которых увеличивается в северо-западном направлении.

Центральная часть Голодной степи формировалась в основном аллювиально-пролювиальными процессами (озерные отложения). Прослой песков, обнаруженные бурением на глубине от 30—40 до 380 м, содержат минерализованную воду (до 68 г/л) и с водоносными горизонтами северной части Голодной степи не связаны (Антонова).

Южная периферия представлена делювиально-пролювиальными отложениями (склоны и конуса выносов) с ясно выраженными фациальными переходами по уклону от крупнообломочных к мелкообломочным и мелкозернистым отложениям. Южные склоны впадины, рассеченные речными долинами, обеспечивают хороший сток в сторону Центральной части Голодной степи.

Наиболее древней является третья надпойменная терраса р. Сырдарьи. Она сложена аллювиально-пролювиальными лессовидными суглинками, мощность которых изменяется в пределах 20—30 м. Суглинки подстилаются неоднородной толщей песков с прослойками галечника, гравия, суглинков и глин различной мощности. Общая мощность четвертичных отложений в северо-восточной части Голодной степи от 245 до 337 м.

На востоке третья терраса от второй ограничена Шурузякским понижением, а в пределах казахской части Голодной степи она обрывается уступом от 5 до 6 м к современной долине Сырдарьи.

Практически третья терраса является водораздельной плоскостью с уклоном 0,0002—0,0003 между Шурузякским и Сардобинским понижениями. Она лежит на отметках 273—257 м.

В пределах долины Сырдарьи выделяются первая надпойменная (тугайная) и вторая надпойменная (озерная) террасы. Первая сложена пестрыми по механическому составу речными наносами, подстилаемыми песками, вторая — аллювием, прикрытым чехлом облессованных суглинков и глин. Между второй и третьей террасами разместилось широкое Шурузякское понижение. Оно сложено тяжелым суглинком и глиной, местами с линзами песка. По западному склону депрессии они погребены под лессовидными делювиальными наносами (Панков, 1962).

Характеризуя источники питания и статьи расхода грунтовых вод Голодной степи, Д. М. Кац (1963) говорит: «Голодная степь, подобно другим межгорным впадинам, является своеобразным коллектором подземных вод, поступающих со стороны горного обрамления Сырдарьинского конуса выноса. Кроме притока извне, в питании подземных вод принимают участие атмосферные осадки, а после строительства оросительных систем — ирригационные воды.

Основу расходной части баланса составляют испарение и транспирация при очень слабом оттоке в неглубоко врезанную долину Сырдарьи и в сторону Арнасайского понижения».

В силу этих обстоятельств естественный режим грунтовых вод в пределах третьей террасы Сырдарьи и всей Голодной степи нару-

шается после начала орошения; испытывая резкий общий подъем, прерываемый незначительными спадами в период отсутствия водоподдачи. Подъем грунтовых вод с глубины 20 м и более продолжается до тех пор, пока не достигает уровня 3—1 м от поверхности земли. Этот предел мы называем «зоной поверхностного регулирования» (Киселева, 1957). В этой «зоне» грунтовые воды испытывают сильное влияние атмосферных осадков и испарения поверхностью почвы, особенно сильно влияние транспирации растительного покрова.

По данным Е. Г. Петрова (1934), резкий подъем грунтовых вод в Пахтаарале был в первый год орошения с 9,6 до 5,2 м в 1925 г., затем скорость спада уменьшилась до 60, 20, 10 см и, наконец, дошла до 0 на глубине 2, местами 3 м. По нашим наблюдениям (1957) в Кировском районе в первый год после орошения скачок был равен 2 м, во второй — 1,5, а на 3—4 год грунтовые воды изменяли свой уровень в пределах 2,20—4,0 м без дальнейшего подъема, причем в этой стадии начинается быстрое развитие солончакового процесса. Солончаковый процесс обусловлен спецификой не только гипсометрического положения голодностепской равнины, но и самим почвенным покровом. Последний в пределах второй и третьей террас представлен в основном светлыми сероземами, которые по механическому составу являются крупнопылеватыми средними суглинками.

А. Н. Розанов (1948) эти почвы описывает следующим образом: «Вследствие сравнительно нетяжелого (суглинистого) механического состава и высокой прочной микроструктуры светлые сероземы целинных земель Голодной степи характеризуются благоприятными физическими свойствами: сравнительно небольшим и мало изменяющимся по профилю объемным весом (1,3—1,5), удовлетворительной общей (48—52%) и капиллярной (33—38%) скважностью, хорошей водопроницаемостью. Полевая влагемкость около 20—22%, капиллярная — 25—33% и полная — 31—40%.

К числу неблагоприятных свойств следует отнести высокую водоподъемную способность (2,5—3,5 м), слабую водоотдачу (2—4% при влажности 40—50%) и относительно низкий коэффициент фильтрации (0,003 мм/сек в среднем)».

В этой характеристике светлых сероземов особого внимания заслуживает их высокая водоподъемная способность, которую мы рассмотрим в соответствующей главе по нашим полевым и лизиметрическим исследованиям на территории совхоза «Пахтаарал» и Центральной опытно-мелиоративной станции (ЦОМС) в Золотой Орде. Затем покажем влияние водоподъемной способности почв на продуктивность хлопчатника в совхозе «Пахтаарал» на различных этапах его деятельности, а также рассмотрим данные по урожайности хлопчатника в некоторых административных районах Сырдарьинской области в сравнении с другими оазисами аридной зоны.

Большая высота капиллярного подъема свойственна, главным образом, северной части Голодной степи в пределах третьей надпойменной террасы р. Сырдарьи, где почвенный покров по механическому составу представлен в основном средними и легкими суглинками характеризующимися относительной однородностью по глубине и в пространстве.

Механический состав этой части Голодной степи можно охарактеризовать разрезом 9 Н. А. Димо (цит. по М. А. Панкову, 1962) на территории совхоза «Баяут» и разрезом Н. Ф. Беспалова (1957) на территории совхоза «Пахтаарал» (табл. 3, 4). В совхозе «Баяут» механический состав утяжеляется в нижней части 4-метровой толщи и имеет несколько облегченную прослойку на глубине 2,5 м.

Таблица 3

Механический состав. Разрез 9. (Н. А. Димо, А. Ф. Шелаев, Г. И. Оловянишников)

Глубина, см	Содержание (в %) фракций, мм				
	1-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	<0,01
0-10	1,20	4,20	15,80	40,40	38,40
15-25	2,40	0,56	18,64	43,40	35,00
40-50	0,26	3,81	19,56	30,81	45,56
70-80	0,30	2,50	21,50	35,60	40,10
120-130	4,85	2,18	5,48	27,21	60,28
240-250	0,13	0,99	19,42	46,70	32,76
420-430	0,77	0,86	1,30	23,55	73,52
590-600	0,17	0,87	9,62	50,85	38,49
790-800	0,60	0,61	9,90	47,45	41,44
890-900	2,07	1,72	2,82	13,84	79,55
1030-1040	8,71	1,40	11,08	48,00	30,81
1200-1210	1,35	0,70	11,70	48,90	37,35

В совхозе «Пахтаарал» заметно облегчение механического состава во втором метре и особенно во втором полуметре второго метра почвенногрунтовой толщи, что должно особенно увеличивать высоту и скорость капиллярного поднятия (Балябо, 1954, Фелициант, 1964, 1971). При этом оба разреза характеризуют почвы как среднесуглинистые.

Менее однородное сложение почвенного профиля в понижениях мезорельефа, пересекающих Голодную степь в направлении с юго-востока на северо-запад и запад под различными углами к меридиану. В. А. Ковда (1948) считает их древними руслами р. Сырдарьи.

Механический состав Джетысайского понижения, по данным М. М. Решеткина (цит. по М. А. Панкову, 1962), характеризуется резкими колебаниями в содержании всех фракций в том числе и пыли от 2,6% в слое 120-150 см до 46% в слое 100-115 см и 25,4% в слое 300-315 см (табл. 5).

Шурузьякское понижение, на левом склоне которого размещена ЦОМС СоюзНИХИ, может быть охарактеризовано разрезами А. Р. Рифтиной (работа выполнена под нашим руководством). Первый из этих разрезов на повышенной части склона (поле 7) харак-

Таблица 4

Механический состав светлого серозема в совхозе „Пахтаарал“. Данные Н. Ф. Беспалова, 1957

Глубина, см	Содержание (в %) фракций, мм				
	1-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	<0,01
0—10	0,12	0,32	8,00	51,04	40,62
10—20	0,09	0,41	7,50	51,48	40,52
20—30	0,06	0,15	6,47	55,40	37,92
30—40	0,20	0,30	7,90	53,64	37,96
40—60	0,12	0,20	9,32	55,64	35,72
60—80	0,06	0,24	6,50	54,38	38,82
80—100	0,05	0,15	8,76	60,08	30,96
100—120	0,07	0,19	10,26	59,00	30,48
120—140	0,11	0,07	12,34	60,60	26,89
140—160	0,00	0,16	13,84	59,56	26,44
160—180	0,02	0,08	8,90	61,70	29,30
180—200	0,04	0,11	11,85	62,48	26,52

теризует легкосуглинистые почвы (табл. 6), второй в нижней части понижения, 150 м от коллектора Шурузьяк (поле 23—24), тяжелый суглинок, для которого свойственна та же неоднородность по глубине, что и в Джетысайском понижении.

Таблица 5

Механический состав почв в Джетысайской депрессии. Данные М. М. Решеткина

Глубина, см	Содержание (в %) фракций, мм			
	0,5-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	<0,01
100—115	—	22,0	46,0	32,0
120—150	0,2	0,6	2,6	96,6
305—315	2,6	3,0	25,4	69,0
410—420	1,6	2,0	10,0	86,4
617—627	19,4	60,4	9,6	10,6
644—647	2,2	2,0	40,0	55,8
710	3,0	1,6	5,4	90,0

Большим содержанием крупной пыли при легком механическом составе почвенно-грунтовой толщи, утяжеляющейся в верхней части профиля, характеризуется район Третьей тугайной ветки (вторая озерная терраса) по данным А. Ф. Шелаева (табл. 7). Несколько меньшее содержание крупной пыли отмечено в районе Мурзарабата (Центральная часть Голодной степи) по разрезу 90 Н. А. Димо

при относительной неоднородности по профилю (табл. 8). Здесь имеет место утяжеление механического состава на глубине 1,8—1,9 м и облегчение в слое 1,5—1,6 м.

Таблица 6

**Механический состав почвы на полях Центральной
опытно-мелиоративной станции. Данные А. Р. Рифтиной**

Гори- зонт, см	Содержание (в %) фракций, мм							<0,01, фи- зическая глина
	1—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	
Верхняя часть левого склона Шурузьякской депрессии (поле 7)								
0—10	0,41	0,52	5,62	61,95	8,80	18,80	3,90	31,50
10—20	0,39	0,42	11,94	59,80	9,25	14,30	8,10	31,65
20—40	0,15	0,18	8,61	58,60	10,32	10,62	11,50	32,45
40—60	0,35	0,22	13,06	61,25	8,65	9,45	6,50	25,15
60—80	0,55	0,12	11,51	65,30	8,78	9,38	4,40	22,55
80—100	0,18	0,15	13,16	62,75	8,45	11,60	3,70	23,75
Нижняя часть левого склона Шурузьякской депрессии (поле 23—24)								
0—10	0,01	0,57	8,18	49,05	11,60	17,77	12,82	42,19
10—20	0,01	0,48	8,51	50,40	14,35	16,80	9,45	40,60
20—40	0,02	0,48	3,89	49,55	15,77	18,62	11,67	46,06
40—60	0,01	1,09	1,70	50,25	15,70	21,80	9,47	46,05
60—80	3,46	0,01	8,94	43,52	14,60	19,70	9,77	44,07
80—100	0,13	8,15	15,48	38,35	11,75	13,92	12,22	37,89

Таблица 7

**Механический состав в разрезе 24 А. Ф. Шелаева
в районе Третьей тугайной ветви**

Глубина, м	Содержание (в %) фракций, мм				
	0,025	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	сумма частиц <0,01
0,25	0,44	3,94	19,32	44,95	31,35
1,0	0,20	1,94	14,49	52,40	31,00
2,0	0,07	2,51	20,26	54,84	22,32
3,0	0,015	2,05	24,95	52,70	20,15
4,0	0,12	1,55	17,58	60,65	20,10
5,0	0,15	1,08	10,12	62,05	26,60
5,6	0,13	1,33	9,90	60,08	28,56
6,0	0,09	1,07	5,94	70,10	22,80
7,0	0,06	0,91	6,31	64,32	28,40
8,0	0,06	1,09	9,81	63,44	25,60
9,0	0,11	1,29	15,60	56,45	26,55
10,0	0,07	1,50	12,63	57,25	28,55
14,0	0,10	2,69	14,16	56,10	26,95
15,0	0,06	0,79	7,15	58,65	33,35
16,0	0,09	1,40	9,96	56,95	31,60
17,0	0,12	1,02	12,11	56,20	30,55
18,3	0,07	0,85	12,33	57,90	28,85

Следовательно, при глубине залегания грунтовых вод 2 м и более здесь капиллярный подток в корнеобитаемый слой почвы должен быть замедленным.

По мнению А. Н. Розанова (1951), пылеватая фракция не способна оструктуривать почву. Но преобладание этой фракции в светлых сероземах Голодной степи, по мнению С. Н. Рыжова (1952) и Н. Ф. Беспалова (1957), придает им рыхлое сложение и создает, главным образом, капиллярную скважность, которая обуславливает большую высоту и скорость капиллярного подтока.

Таблица 8

**Механический состав в разрезе 90 Н. А. Димо.
Анализы методом Шеле (Мурзарабат)**

Глубина, м	Содержание (в %) фракций, мм				
	0,25	0,25—0,1 песок	0,1—0,05	0,05—0,01	<0,01
0—0,1	5,31	12,66	17,21	34,12	30,70
0,4—0,5	8,06	10,88	17,79	31,20	32,07
0,8—0,9	0,84	1,25	7,05	51,77	39,09
1,04—1,14	2,72	0,82	0,54	51,22	44,70
1,5—1,6	0,19	5,23	24,43	56,48	13,67
1,8—1,9	0,63	0,30	1,04	23,36	74,67
2,15—2,25	0,04	0,11	1,68	55,01	43,16
2,9—3,0	0,29	2,11	25,49	45,39	26,72
3,35—3,45	0,37	0,65	3,64	24,30	71,04
3,6—3,7	0,18	0,47	4,50	76,48	18,37
4,0—4,10	0,09	0,15	1,38	18,52	79,86
5,0—5,10	0,15	1,81	4,62	46,62	46,80
5,75—5,85	0,10	2,16	25,22	60,76	11,76
6,0—6,10	0,10	0,39	4,88	67,32	27,31
7,0—7,10	0,28	9,63	28,81	46,84	14,44
7,4—7,5	0,47	8,38	19,72	52,79	18,63
7,7—7,8	1,12	34,01	31,71	19,85	13,31
8,05—8,15	0,32	0,13	1,02	18,51	80,02
8,90—9,0	0,17	0,38	3,72	48,45	47,28
10,0—10,1	0,28	0,23	0,81	21,70	76,98
10,6—10,7	0,29	5,06	15,43	52,11	27,11
10,75—10,85	0,39	0,36	0,90	16,33	82,02
11,4—11,50	6,27	22,92	23,76	24,84	22,21
12,1—12,20	0,43	0,75	10,35	57,90	30,57
13,1—13,20	0,25	0,10	0,46	25,90	73,29
14,0—14,1	0,49	0,86	6,68	21,98	69,99
1,65—14,75	0,21	0,20	0,74	66,64	32,21
15,0—15,10	0,55	1,93	4,22	13,64	79,66
15,5—15,6	0,68	0,36	1,50	19,54	77,92
16,0—16,1	0,98	0,25	1,76	64,88	32,13
16,4—16,5	0,97	0,37	1,10	10,02	87,54
17,4—17,5	5,95	1,54	1,96	27,96	62,59
18,0—18,1	0,45	1,01	6,07	37,51	54,96
18,7—18,8	1,61	0,53	1,42	52,90	43,54
18,9—19,0	0,21	4,19	7,57	65,71	22,32

Юго-западная часть Голодной степи в зоне командования Южно-Голодностепского канала характеризуется наличием значительных площадей с неоднородным сложением почвенного профиля в зоне аэрации. По нашим исследованиям в 1962—1967 гг., на территории совхоза № 5 им. Гагарина обнаружилось слоистое сложение

профиля (И. К. Киселева, 1962). При этом верхняя часть его мощностью от 50 до 80, местами до 120 см представлена средними суглинками, которые подстилаются гипсированными суглинками, иногда с линзами гипсированных глин мощностью 20—50 см. Мощность гипсированных суглинков достигает 80—150 см. Они подстилаются гипсированными глинами в виде линз с пространственным распространением от 1 до 3—5 км. Под прослойкой глин обычно залегают

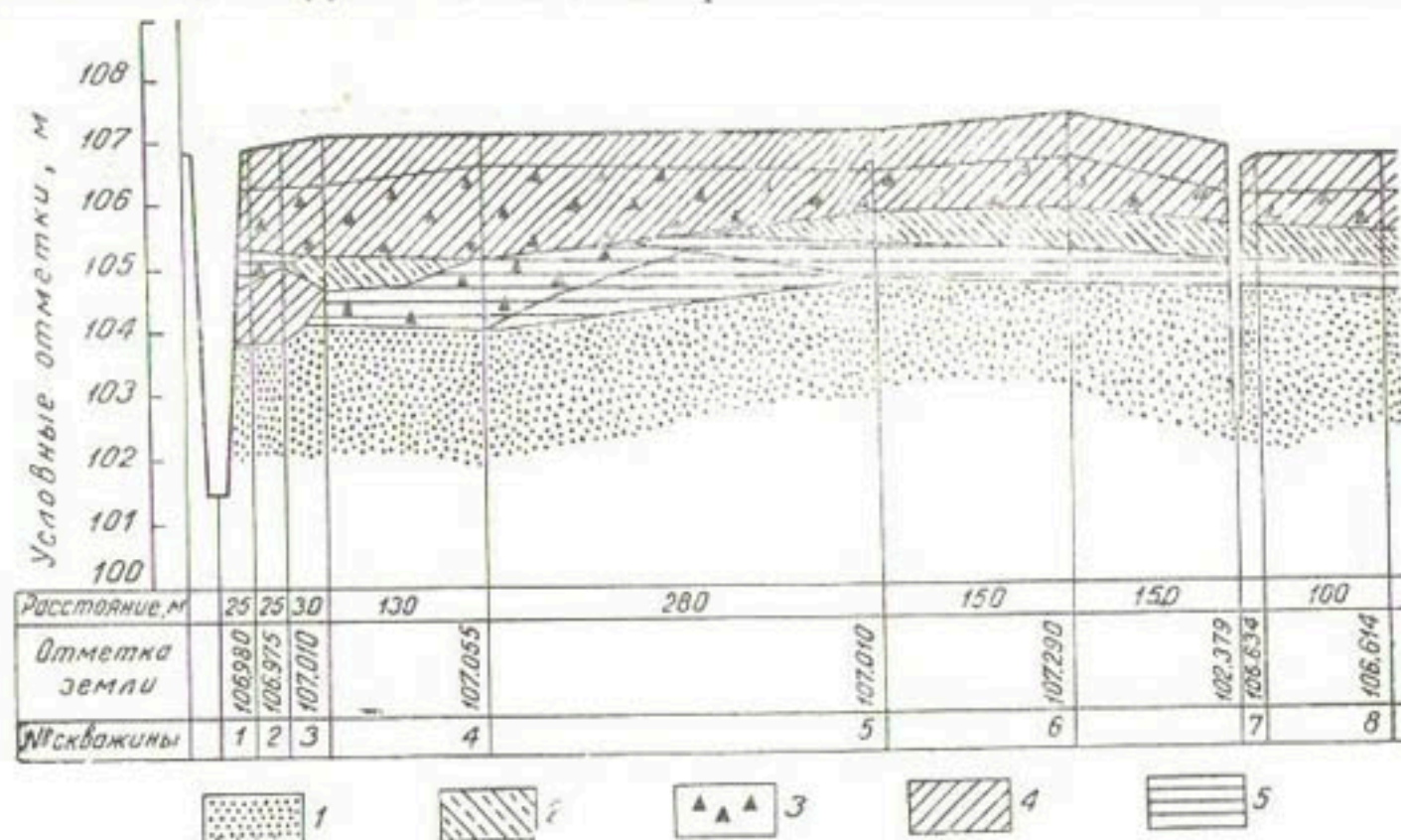


Рис. 2. Литологический профиль по первому створу в совхозе № 5. Здесь, на 3 и 4 рис. горизонтальный масштаб—1:50, вертикальный—1:1. 1—песок, 2—супесь, 3—гипсированные грунты, 4—суглинок, 5—глина. То же на рис. 3 и 4.

супеси, реже суглинки, подстилаемые мелкозернистым песком. Мощность песков нами не установлена, но по большинству скважин превышает 3 м. Местами среди песков встречаются линзочки суглинков и глин небольшой мощности (рис. 2, 3, 4).

Такое строение почвенно-грунтовой толщи с большой изменчивостью механического состава и плотности сложения в слое аэрации вносит существенные коррективы в водно-солевой режим почвы. Здесь глинистая гипсированная прослойка, характеризующаяся большой плотностью ($1,8 \text{ г/см}^3$), является своеобразным экраном, мешающим нисходящим и восходящим токам воды. Поэтому в исходном состоянии обычно верхняя часть ее на контакте с верхним слоем негипсированного суглинка содержит наибольшее количество воднорастворимых солей (от 2 до 3,5% плотного остатка), соответствующее засоленности солончака, в то время как покровный суглинок практически слабозасолен (0,5—0,6% плотного остатка и от 0,02 до 0,03% иона хлора).

Эти земли после одного года орошения при разреженной сети коллекторов (10 пог. м на 1 га) превратились в солончаки, в связи с чем произведен пересмотр первоначальных проектных решений в

отношении удельной протяженности дренажа и освоительных промыслов.

2. Ферганская долина по гидрогеологическому районированию М. М. Крылова (1950) относится к той же группе оазисов, что и Голодная степь, т. е. представляет межгорную впадину и дренируется рекой.

В формировании ее толщи в четвертичный период принимали участие реки Сырдарья, Сох, Исфара, Кувасай, Шахимардансай,

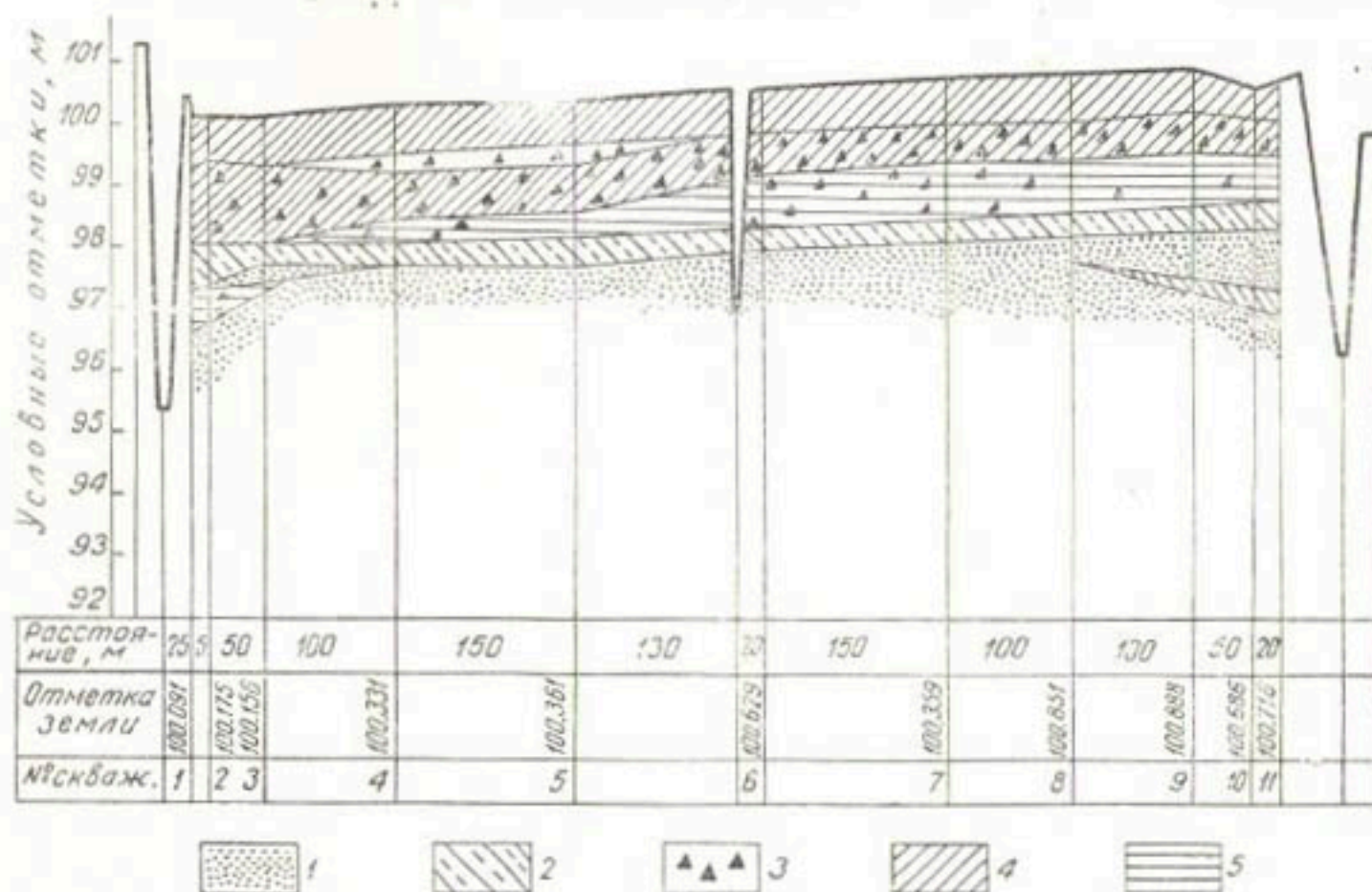


Рис. 3. Литологический профиль по второму створу в совхозе № 5.

Исфайрамсай и др. Мощность четвертичных отложений в Центральной Фергане достигает 500—600 м.

Ниже зоны поднятия в пределах впадины формировались новые субаэральные дельты.

Таким образом, существует ряд конусов выносов и межконусных понижений, характеризующихся плоскоравнинным рельефом с наличием замкнутых ложин, которые временами заполняются сбросными водами (М. А. Панков, 1957).

Современная вершина Сохского конуса выноса лежит на высоте 550—600 м, а периферия снижается до 375 м. Уклон поверхности от 0,006 в верхней части выполаживается к периферии до 0,002—0,003. Верхняя и центральная части конуса имеют слабое расчленение рельефа старыми руслами и неглубокой сетью оврагов.

В пределах толщи четвертичных пролювиально-аллювиальных отложений Сохского конуса выноса В. А. Гейнц (1959) выделяет несколько комплексов осадков, среди которых наиболее древними являются Сохский и Ташкентский. В пределах современного конуса отложения Ташкентского комплекса перекрыты осадками Го-

лодностепского комплекса. Его осадки в верхней части конуса представлены мощными галечниками, которые на расстоянии 16 км от вершины погружаются под толщу мелкозема. Эта толща сложена переслаивающимися суглинками, глинами, супесями и песками. Мощность тонкообломочных отложений увеличивается в северо-восточном направлении. Восточный сектор конуса выноса характеризуется и наиболее минерализованными грунтовыми водами.

Геологическими исследованиями В. Н. Вебера (1929—1930), Н. П. Васильковского (1935) и др. установлено, что Ферганская долина как тектоническая впадина сформирована еще в палеозое, в

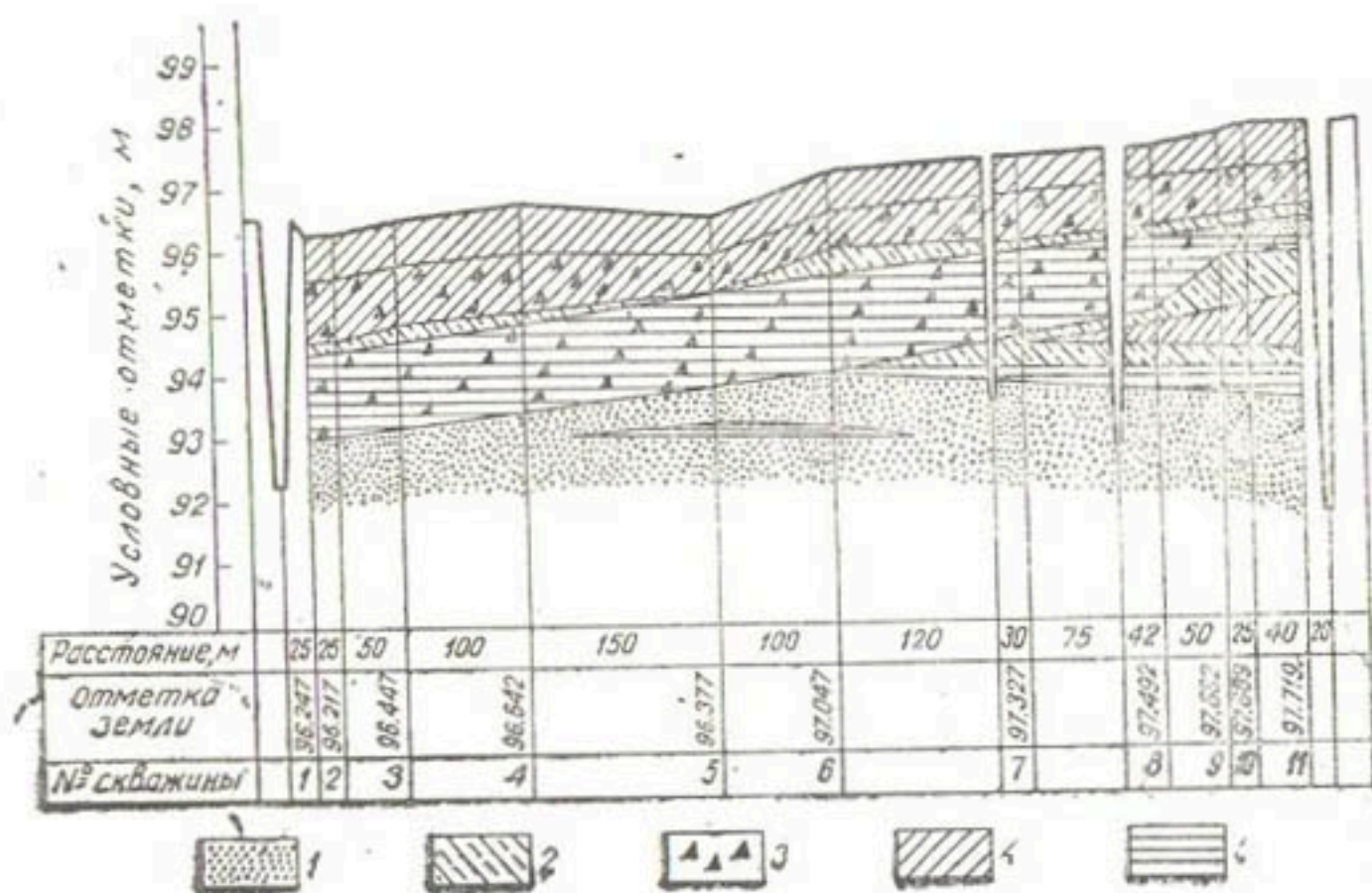


Рис. 4. Литологический профиль по третьему створу в совхозе № 5.

конце палеозоя и в мезозое горные сооружения, окружающие впадину, подвергались резкой денудации. В период, когда Туранская впадина была занята морем, Ферганская котловина была заливом этого моря. В период поднятия Туркестано-Алайского хребта, произошло поднятие и прилегающих подгорных пространств. В результате поднятий реки врезались в толщу своих отложений и зона аккумуляции этих рек переместилась к центру впадины.

Старые субаэральные дельты подверглись размыву или заносу. Голодностепский комплекс на глубине 125—142 м подстилается отложениями Ташкентского комплекса, верхняя часть которых сложена суглинками, супесями и глинами с песчаными и галечниковыми прослойками. Мощность Ташкентского комплекса не определена, но превышает 300 м.

Наиболее молодой Сырдарьинский комплекс местами развит в верхней галечниковой части конуса выноса и на периферии. Его

отложения мощностью до 10 м представлены в основном песками и супесью с прослойками глин и суглинков.

Конус выноса р. Кувасай размещен в восточной части Ферганской межгорной впадины на левобережье р. Сырдарьи. С севера Кувасайский конус выноса ограничен озерной межконусной депрессией, называемой Язъяванской степью, с которой сливается периферия конуса выноса. Особенностью этого конуса выноса является отсутствие выхода галечников на поверхность и ослабленное выклинивание грунтовых вод в связи с небольшой водной нагрузкой. Грунтовые воды в естественном состоянии сильно минерализованы и залегают на глубине 1—2 м.

На периферийной части Кувасайского конуса выноса размещена Ферганская мелиоративная опытная станция, по исследовательским материалам которой можно судить о закономерностях формирования режима грунтовых вод и его влияния на водно-солевой режим почвы.

Почвенный покров в этой части представлен суглинками, подстилаемыми глинами, которые отличаются значительной гипсированностью.

Толща четвертичных отложений на территории конуса выноса, вскрытая артезианскими скважинами в районе станции Федченко, представлена суглинками и глинами до глубины 100 м, песками — 100—120 м, суглинками — 120—170 м, средне- и крупнозернистыми водоносными песками на глубине 170—180 м, которые подстилаются суглинками и глинами мощностью до 20 м.

Скважины с заглублением стрелера в слой 170—180 м дают обычно самоизливающуюся и реже фонтанирующую воду.

Источниками питания грунтовых периферий Кувасайского конуса выноса Д. М. Кац (1963) считает подземный приток со стороны верхней части в форме восходящих токов напорных вод, атмосферные осадки и ирригационные воды. В. А. Гейнц (1959) также считает, что часть напорных вод расходуется на испарение, но доля их в испарении не велика, так как грунтовые воды экранируются от испарения наслоениями местных фильтрационных вод.

По нашему мнению, в районе ст. Федченко восходящие токи подземных вод составляют незначительную долю в балансе грунтовых вод по причине ослабления их мощной толщей (170 м) покровных суглинков и глин.

В. А. Гейнц (1959), анализируя Сохский конус выноса, по этому поводу пишет, что «...со вступлением потока подземной воды в зону развития мелкоземов происходит гидродинамическое разделение его по вертикали. Водоносные галечники, погружаясь под мелкоземы и расчлняясь пластами суглинков и глин, приобретают характер напорного горизонта межпластовых вод с пьезометрическим уровнем выше дневной поверхности».

Видимо, эти воды и извлекаются на поверхность артезианскими скважинами на территории нашей опытной станции, в поселке станции Федченко и в ряде других мест.

Первое описание почв Ферганской долины сделано А. Миддендорфом в прошлом столетии. Он отметил, что пустынные почвы Ферганской долины, которые он называет желтоземами, характеризуются плодородием, близким к черноземам, кроме того, он отметил несколько разновидностей «перегноя» и обнаружил наличие большого количества засоленных почв при близком залегании уровня минерализованных грунтовых вод. Позднее почвенными съемками в Ферганской долине занимались В. П. Наливкин, С. С. Неуструев, М. И. Орлов, К. М. Клавдиенко, Н. А. Димо.

Мелиоративную характеристику этих почв дали В. В. Федоров (1931) и Н. В. Кимберг (1964), описание их с точки зрения орошаемого земледелия — С. Н. Рыжов (1948), Н. К. Балябо (1954); наиболее полная оценка почв Ферганской области (их генезиса, механического состава и плодородия) сделана М. А. Панковым (1957), Андижанской области — Б. В. Горбуновым (1957) и Наманганской — С. А. Шуваловым (1957).

М. А. Панков в пределах Ферганской области выделяет 9 геоморфологических районов, из которых 4 особенно должны привлекать внимание мелиораторов. Это — внешние конусы выноса низменной Ферганы (их периферия), межконусные понижения низменной Ферганы; древняя и современная долины р. Сырдарьи.

Межконусные понижения (между Исфаринским и Сохским, Сохским и Маргиланским) характеризуются плоскоравнинным рельефом при очень слабых уклонах в сторону центра впадины и на север. Общая равнинность иногда нарушается замкнутыми ложинами, которые до орошения, возможно, были заняты озерами. Межконусные понижения в большинстве сложены глинами с небольшими и глубокозалегающими прослоями супеси и песка.

Северная часть Ферганской области занята древней долиной Сырдарьи, которая сужена севернее Исфаринского и Сохского конусов выносов и расширяется в межконусных частях — в Центральной Фергане. Здесь есть озерные впадины, выровненные пространства и значительные площади бугристых песков.

Древнеаллювиальная равнина сложена слоистыми наносами глины с прослоями суглинков, супесей и песков.

Механический состав почвенного профиля древней долины можно охарактеризовать данными К. А. Давия (1965) в равнинной части Кызылтепинского массива (табл. 9) и в понижении Язъяванского массива. Глинистые отложения равнины на глубине 1,5 м прорезаны тонкой прослойкой легкого суглинка, а содержание крупной пыли здесь только в слое 75—85 см достигает 32%, в то время как в почвах Голодной степи оно изменяется в пределах 50—70%. В более легких по механическому составу почвах Дамкуля фракция крупной пыли составляет почти третью часть механического состава. И, пожалуй, самым малым содержанием крупной пыли, создающей капиллярную порозность (Н. Ф. Беспалов), отличаются почвы периферии Кувасайского конуса выноса (Б. В. Федоров, 1931),

где размещена Ферганская мелиоративная опытная станция СоюзНИИХИ.

Современная речная долина Сырдарьи (пойменная и надпойменная террасы) сложена легкими супесчаными и песчаными на-

Таблица 9

Механический состав почв в пределах Ферганской области

Глубина, см	Содержание (в %) фракций, мм				
	1—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	<0,01

Древняя долина р. Сырдарьи. Кызылтепинский массив (данные К. А. Давия)

0—22	3,36	2,77	10,37	19,29	64,02
22—32	0,59	0,93	11,56	6,35	80,54
40—50	1,26	0,89	5,83	6,04	75,73
60—70	4,28	1,29	5,26	8,23	80,88
75—85	1,58	3,17	21,33	32,12	40,81
90—100	3,89	3,23	22,15	23,11	48,63
115—125	1,93	2,86	13,08	16,75	65,09
145—155	11,31	17,56	19,27	22,16	29,83
175—185	0,87	1,89	3,88	10,85	74,99

Современная долина р. Сырдарьи Дамкульский массив (данные К. А. Давия)

0—16	1,62	1,35	27,53	34,82	34,60
16—36	1,59	1,08	33,19	24,51	39,65
36—48	3,06	1,25	48,13	11,81	30,77
55—65	2,82	1,56	16,23	26,07	52,33
75—85	5,12	1,69	21,35	34,18	38,64
90—100	3,19	1,59	18,03	32,53	42,70
105—115	6,09	1,95	16,37	26,37	48,31
140—150	15,06	2,98	32,09	6,23	43,34

**Периферия Куvasайского конуса выноса
Опытно-мелиоративная станция Федченко
(данные Б. В. Федорова)**

0—15	9,91	21,00	2,67	14,82	51,60
15—25	8,43	16,61	2,00	13,44	59,52
25—45	2,23	9,84	2,23	14,63	71,07
45—80	1,76	8,47	1,69	10,45	77,13
80—150	7,45	8,70	2,38	12,76	68,77
200—250	11,98	12,55	3,82	16,35	55,30
300—350	6,73	10,71	6,36	27,85	50,52
350—400	6,68	14,18	9,53	26,90	42,71
400—450	5,49	0,44	2,53	14,32	71,22

носами, подстилаемыми галечником на глубине 1—3 м. Древнерусловые впадины (Дамкуль) сложены слоистыми грунтами (пески, супеси с тонкими прослоями глин и суглинков).

Основные площади засоленных земель Ферганской долины сосредоточены в пределах Ферганской области, в остальных областях

Ферганской долины их очень немного. Расположены они также на перифериях конусов выносов и межконусных понижениях с характерным для этих геоморфологических элементов сложением грунтов и механическим составом.

3. Бухарская область включает три оазиса: Навои-Канимехский, Бухарский и Каракульский, каждый из которых отличается своими геоморфологическими признаками и гидрогеологическими условиями. Вся Бухарская область М. М. Крыловым отнесена к группе оазисов, грунтовые воды которых питаются стоком рек (в данном случае стоком ирригационных систем).

Д. М. Кац (1963) Бухарскую область относит к категории субаэральные дельты и указывает, что по устройству поверхности субаэральные дельты являются образованиями переходного типа от конусов выносов к аллювиальным равнинам. В их строении галечники отсутствуют или имеют небольшую мощность, отсутствуют напорные подземные воды и нет зоны выклинивания. Подземный приток крайне невелик, но, по данным Д. М. Кац, в среднем по области он равен $72 \text{ м}^3/\text{га}$.

В геологическом строении участвует в основном аллювий, механический состав которого дифференцирован в соответствии с уклоном.

Верхний слой аллювия, под покровом 2—3-метровой толщи средне- и тяжелосуглинистых агроирригационных наносов, представлен переслаивающимися суглинками и супесями, реже глинами и песками.

Аллювиальные отложения представлены двумя слоями — верхний мелкоземистый (суглинки и супеси) имеет мощность от 1,0 до 10 м, второй — песчано-галечниковый, мощностью от 2 до 60 м, в юго-западном направлении оазиса в нем уменьшается содержание галечника, а на территории Каракульского этот слой оазиса становится только песчаным. Аллювий подстилается песчаниками и глиной туранской свиты, которые обычно принимаются за водоупор из-за очень низких фильтрационных свойств.

Водопроницаемость песчано-галечникового слоя уменьшается по мере движения от вершины дельты к ее периферии от 86 до 42 м/сут в центре и от 25 до 30 м/сут на периферии.

Природные источники питания грунтовых вод ограничиваются подземным притоком в количестве $72 \text{ м}^3/\text{га}$ в год, русловыми потерями из р. Зарафшан и атмосферными осадками, общая сумма которых не превышает 125 мм в год по среднегодовым данным (табл. 12). По наблюдениям Д. М. Кац, только 25—37% их достигает уровня грунтовых вод, залегающих на глубине 1 м.

Основным фактором формирования приходной части грунтовых вод являются фильтрационные потери из ирригационной сети и на полях.

Литология почвогрунтов зоны аэрации отличается значительной неоднородностью по глубине и в пространстве. Судить о ней можно только по данным механического состава 2-метровой толщи на тер-

ритории Бухарской опытной станции СоюзНИХИ (Бухарский район) и колхоза им. Калинина в Каганском районе (табл. 10).

Из табл. 10 видно, что по большинству почвенных разрезов механический состав грунтов утяжеляется сверху вниз, а по некоторым разрезам встречаются прослойки более тяжелого механического состава, чем вся двухметровая толща, которые (по Фелицианту,

Таблица 10

Механический состав почвогрунтов Бухарского оазиса

Глубина, см	Содержание (в %) фракций, мм					Почва	Разрез, исследователь
	1—0,25	0,25— —0,1	0,1— —0,05	0,05— —0,01	<0,01		
0—10	1,46	14,51	16,67	23,87	43,49	Ср. сугл.	1, бухарская опытная станция СоюзНИХИ (данные Н. И. Курылевой, 1962)
40—50	0,56	9,64	12,78	25,75	51,24	Глина	
70—80	0,37	4,16	12,49	28,79	54,19	"	
110—120	0,41	4,07	16,29	24,89	60,34	"	
150—160	0,73	4,87	10,82	24,79	58,79	"	
190—200	0,89	3,75	12,33	32,15	50,88		
0—25	0,46	14,26	44,20	7,33	33,75	Ср. сугл.	1, колхоз им. Калинина Каганского района (данные А. Г. Кима)
25—45	0,60	21,70	25,77	16,99	34,94	"	
45—125	0,74	13,10	39,27	8,56	38,33	"	
125—225	0,70	7,27	37,59	17,64	36,80	"	
0—25	1,50	17,11	10,19	34,14	37,06	Ср. сугл.	2, там же
25—45	0,29	14,46	52,32	3,08	29,85	Легкий суглинок и супесь	
45—175	0,27	15,95	56,06	13,28	14,44	Тяж. сугл.	8, там же
175—200	1,10	10,50	4,69	41,47	42,24		
0—30	0,56	11,14	8,61	40,50	39,19	Ср. сугл.	
35—50	0,32	8,98	10,89	39,22	40,59	"	
130—167	0,68	9,62	12,91	31,90	38,89	"	
167—197	0,67	2,80	8,82	35,53	52,18	Глина	

1971) должны уменьшать высоту и скорость капиллярного подтока.

4. Хорезмский оазис является районом, где наиболее ярко выражено питание грунтовых вод от реки и ирригационных каналов (вторая группа оазисов по М. М. Крылову).

Оазис наиболее древнего орошения (более 1000 лет) размещен в северной части Туранской провинции в области аллювиальной равнины нижнего течения р. Амударья.

Границей области на северо-востоке является р. Амударья, на юге — северные (Заунгузские) Каракумы, на западе она примыкает к Ташаузской области ТуркмССР и ККАССР. В этих границах валовая площадь области — около 460 тыс. га, в том числе орошаемая — около 140 тыс. га.

Геологическое строение территории, по данным Б. М. Георгиевского (1937), представлено меловыми отложениями в виде гряды,

в которую в районе Тюямуяна глубоким пропилом (46 м) врезалась Амударья, на запад от Тюямуяна до Каракумов простираются третичные отложения, которые являются подстилающими для четвертичных отложений присарыкамышской дельты Амударьи.

Четвертичные отложения заполняют всю Хорезмскую впадину. По генезису И. Н. Фелициант (1964) подразделяет их на аллювиальные отложения самой реки и ирригационные отложения, обязанные осадкам из оросительной воды, земляным удобрениям и т. д.

Долина Амударьи в пределах Хорезма слабо наклонена в северо-западном направлении в сторону Сарыкамышской впадины. Самые низкие отметки поверхности — 112 м — приурочены к периферии оазиса, и самые высокие — 138 м — к верхней части долины. Река протекает по наиболее высоким отметкам и командует над поверхностью.

В пределах Хорезмского оазиса Д. М. Кац (1963) выделяет два геоморфологических района: современную долину р. Амударьи с пойменной и надпойменной террасами и древнедельтовую равнину с врезанными в нее Дауданским и Дарьялыкским староречьями.

Наиболее молодое Дарьялыкское староречье имеет глубину вреза 2—2,5 м при ширине русла 200—300 м и пойменную террасу от 4 до 6 км. Более древнее Дауданское староречье при той же глубине вреза имеет пойму шириной 6—8 км.

Основные орошаемые массивы размещены между этими двумя староречьями и современным руслом Амударьи.

В 1956 г. по тальвегам Даудана и Дарьялыка с некоторым их спрямлением проложены коллекторы, обеспечивающие отвод грунтовых вод за пределы Хорезмского оазиса в Сарыкамышскую впадину.

Четвертичные аллювиальные отложения отличаются большой пестротой литологического состава (табл. 11).

В пределах современной дельты аллювий представлен чистыми или слабозаиленными мелкозернистыми песками под покровом тонких прослоек суглинков, супесей и глин. Мощность аллювия от 12 до 20 м в восточной части оазиса увеличивается до 45—65 м в северо-западном направлении в районе г. Гурлена.

Аллювий подстилается эродированными верхнетретичными песчаниками, мергелистыми глинами, а местами и палеогеновыми отложениями.

Массивы древнего орошения находятся под чехлом культурно-ирригационного наноса мощностью 2—3 м, представленного различным механическим составом — от супесей до глин.

На основании геоморфологии, литологии и почвенных условий И. Н. Фелициант (1964) в Хорезмской области выделяет 3 гидрогеолого-мелиоративные области:

1. Область древних возвышенностей и плато — район Заунгузских Каракумов с глубокими грунтовыми водами, не влияющими на процессы почвообразования.

2. Область присарыкамышских дельт Даудана и Дарьялыка с затрудненным подземным оттоком.

3. Область современных отложений Амударьи (первая надпойменная терраса) с относительно обеспеченным водным обменом при близком залегании грунтовых вод.

Таблица 11

Механический состав почво-грунтов Хорезмской области

Горизонт, см	Содержание (в %) фракций, мм					Разрез, исследователь
	1— —0,25	0,25— —0,10	0,1— —0,05	0,05— —0,01	<0,01	
0—20	3,87	6,37	11,40	26,16	52,20	412, В. Л. Муханова, Ургенчский район
20—30	2,50	4,80	11,90	31,00	49,80	
30—40	2,28	5,90	12,62	29,76	49,44	
50—60	1,29	3,15	17,24	32,44	45,83	
80—90	2,07	3,89	3,00	34,24	50,80	
0—20	6,40	9,83	16,27	31,90	35,60	477, В. Л. Муханова, Ургенчский район
20—30	2,80	8,37	17,02	40,20	31,60	
34—55	0,57	7,82	4,87	54,70	32,05	
65—75	0,52	4,28	17,24	50,40	27,56	
90—100	1,94	3,78	9,77	46,63	37,28	
0—18	0,67	0,20	14,70	46,27	38,16	7, И. Н. Фелициант, Первая надпойменная терраса Амударьи
18—33	0,57	0,20	12,62	45,22	41,39	
33—50	0,85	1,85	87,13	8,90	1,27	
50—75	0,66	0,80	91,53	5,72	1,29	
75—100	5,22	2,30	66,92	23,45	2,11	
0—10	3,5	11,6	25,6	36,0	52,15	110, Н. В. Кимберг, Шаватский район
60—70	8,3	12,7	25,0	28,5	46,5	
85—95	0,4	9,1	31,0	41,3	58,5	
120—130	0,6	10,6	49,8	25,2	38,2	
205—215	1,8	7,5	21,7	47,9	65,4	
0—19	0,72	0,14	7,83	33,07	58,24	11, И. Н. Фелициант, Гурленский р-н. Прирусловые отложения Даудана и Дарьялыка
19—34	0,51	0,12	7,08	32,60	58,69	
34—60	0,62	0,20	7,47	27,92	63,79	
60—82	1,80	1,35	19,00	38,75	39,10	

Верхний слой почвенного покрова оазиса в большинстве характеризуется нетяжелым механическим составом, но исключительно низкой водопроницаемостью (до нескольких миллиметров в сутки), что сильно осложняет проведение поливов. Вместе с тем восходящие токи здесь при глубине залегания грунтовых вод до 1,5 м достигают дневной поверхности, обуславливая очень большое соленакопление даже при очень слабой (2,5 г/л по плотному остатку) минерализации грунтовых вод. При этом соленакопление практически не зависит от оросительных норм. Оно одинаково велико при нормах от 2500 до 4000 м³/га.

При залегании грунтовых вод на глубине от 1,5 до 2 м соленакопление в период вегетации уже поддается регулированию режимом орошения, т. е. при повышении оросительных норм до определенных пределов можно избежать сезонного засоления корнеобитаемого слоя почвы (в условиях дренажа с удельной протяженностью 25—27 пог. м/га).

Вегетационные поливы, независимо от глубины залегания грунтовых вод, проводятся в несколько тактов (2—4) нормами от 200 до 350 м³/га за каждый такт, причем норма, выливаемая за один такт, уменьшается от первого к последнему вегетационному поливу.

Формирование режима грунтовых вод происходит под влиянием водоподачи на орошение и горизонтов воды в реке. Атмосферные осадки на режим грунтовых вод влияния не оказывают, так как годовая сумма их не превышает 80—90 мм (табл. 12).

Расходную часть до строительства дренажа составляли испарение поверхностью почвы и транспирация растительного покрова, подземный отток за пределы оазиса, по данным М. М. Крылова (1949), не превышает 9—10 мм, по данным Н. Н. Фоворина (1956), — 26 мм в год. В современных условиях испарение и транспирация составляют немного меньше половины общего расхода, около 55%, от водоподачи составляет дренажный сток, значительная доля которого является поверхностным сбросом за счет неиспользования оросительной воды в ночное время. Напорность подземных вод и подземный отток в Хорезмском оазисе по абсолютным величинам не могут играть существенной роли в водном балансе.

Климат

Узбекистан, как и вся Средняя Азия, размещается в так называемой Туранской климатической провинции, для которой характерна резко выраженная континентальность с периодичностью выпадения атмосферных осадков преимущественно в зимнее полугодие. Максимум их приходится на весенний период. Неравномерность осадков в течение сезонов года и быстрое нарастание температур к концу весеннего периода — середине лета обуславливают непостоянство гидротермического режима в течение вегетационного периода.

На весну приходится 40—50% годовой суммы осадков, после чего начинается сухое жаркое лето. Эту контрастность увлажнения в период вегетации Б. В. Горбунов (1960) считает основной существенной особенностью климатического режима Средней Азии, которая не повторяется ни в одной области Советского Союза.

Совокупность режима выпадения атмосферных осадков и температуры воздуха определяет наличие двух резко отличных друг от друга фаз вегетационного периода: весенней — мезотермической и летней — ксеротермической (по Е. П. Коровину и А. Н. Розанову, цит. по Горбунову, 1960), которые сказываются и на периодичности почвообразовательного процесса. Существенное влияние на климат оказывает также расположение горных хребтов, которые перехваты-

вают западные влажные потоки воздуха. Поэтому западные склоны гор более обильно увлажняются осадками по сравнению с восточными.

В силу этих особенностей Б. В. Горбунов климатическое районирование территории Узбекистана дает в увязке с геоморфологией и различает по степени увлажнения 1) широтную зону пустынь с Туранским экстрааридным климатом и три высотных пояса: 2) внизу Туранский аридный; 3) Туранский гумидный; 4) Туранский субнивальный. Эти три пояса различаются величиной *Pedenfactora* Ланга, т. е. отношением годового количества атмосферных осадков к среднегодовой температуре воздуха. В зоне пустынь он изменяется от 6 до 9, в аридном поясе — от 14 до 37, в гумидном он еще выше, а в субнивальном превышает 100 (Чимган 119).

Резкая периодичность в выпадении осадков и в температурном режиме воздуха обуславливает нисходящие токи и выщелачивание верхних почвенных горизонтов в течение осенне-зимне-весеннего периода. «В этот период, — утверждают Б. В. Горбунов и Н. В. Кимберг (1949), — осуществляются разнообразные реакции взаимного обмена между поглощающим и почвенным растворами, увеличивается подвижность гумуса, активизируются биологические процессы и наиболее интенсивно протекают процессы химического выветривания алюмосиликатной части почвы ...Со сменой мезотермической фазы ксеротермической устанавливаются восходящие капиллярные токи, приводящие к засолению аридных почв и аккумуляции в поверхностном горизонте углекислого кальция в гумидных почвах; биологические процессы замирают или, во всяком случае, сильно подавляются».

Восходящие капиллярные токи в период ксеротермической фазы вегетационного периода усугубляются, кроме того, литологическим строением слоя аэрации. Интенсивность капиллярного поднятия и связанного с ним засоления, как мы установили, может быть значительно уменьшена правильным режимом орошения при поддержании уровня грунтовых вод дренажом на определенной глубине, зависящей главным образом от механического состава почвы и степени напорности грунтовых вод.

Однако кроме общих для Туранской климатической провинции черт температурного режима и режима выпадения атмосферных осадков существуют индивидуальные климатические особенности для каждого оазиса. Так, по климатическому районированию Л. А. Молчанова орошаемые районы Голодной степи следует отнести к району степей и предгорий с количеством атмосферных осадков более 250 мм, в то время как Хорезмский и Бухарский оазисы относятся к зоне пустынь. Ферганская долина по количеству атмосферных осадков занимает промежуточное положение между степью и пустыней, а в пределах каждой области — довольно значительная неоднородность климатических условий, связанная с геоморфологией и степенью искусственного облесения. При небольших температурных различиях по среднегодовым величинам, не очень боль-

ших по средневегетационным (IV—IX), весьма существенны различия в годовых суммах атмосферных осадков (табл. 12).

В Голодной степи атмосферные осадки равны величине промывной нормы (2500—2700 $m^3/га$) и всегда позволяют получать всходы хлопчатника, и, тем более люцерны, по естественной влаге. В Бухаре очень редко, а в Хорезме — всегда естественной влаги для

Таблица 12

Средняя температура воздуха, выпадение атмосферных осадков по многолетним данным по областям Узбекистана*

Месяц												Средне-многолет-нее
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Сырдарьинская (Пахтаарал)												
−4,0	−1,1	7,2	13,9	20,2	24,8	26,5	24,7	19,0	12,4	5,2	0,3	12,5
35,0	31,0	52,0	36,0	15,0	7,0	2,0	1,0	0,7	19,0	30,0	39,0	267,7
Бухарская (Каган)												
−0,6	3,0	8,8	16,2	23,2	27,6	29,6	27,6	22,0	14,2	7,4	1,8	15,1
20,0	18,0	25,0	20,0	9,0	2,0	0	0	0	3,0	10,0	18,0	125,0
Ферганская (Федченко)												
−2,8	2,2	7,6	15,6	21,3	25,2	26,8	24,8	19,4	12,4	4,6	0,1	13,1
17,5	24,1	33,0	18,7	18,2	10,1	5,1	3,6	1,6	16,9	26,2	16,1	191,1
Хорезмская (Ургенч)												
−5,1	−2,2	5,5	13,8	21,0	25,3	27,3	25,1	18,8	10,8	3,5	−2,0	11,8
11,0	10,0	20,0	9,0	6,0	3,0	1,0	1,0	2,0	2,0	7,0	10,0	82,0
КК АССР (Чимбай)												
−6,3	−4,1	2,0	11,6	19,6	24,1	26,2	23,9	17,3	9,9	0,8	−4,7	10,0
6,0	9,0	13,0	12,0	7,0	4,0	1,0	2,0	1,0	4,0	5,0	7,0	71,0

* Верхняя строка—средняя температура воздуха, нижняя—осадки, мм.

получения всходов недостаточно. В Ферганской долине, несмотря на значительную общую сумму осадков при наличии ветров, особенно в Кокандской группе районов, очень часто применяют подпитывающие или предпосевные поливы даже на фоне осенних промывок.

Недостаток атмосферных осадков особенно сильно сказывается на сезонном засолении почв, которое в условиях Хорезма, Бухары, особенно в районе Каракуля, не прекращается и в течение зимнего полугодия.

Только в Голодной степи в течение зимнего полугодия действительно идет процесс выщелачивания верхних почвенных горизонтов, главным образом за счет вмыва в более глубокие горизонты

хлоридов натрия, растворимость которых практически не зависит от температуры.

Климатические особенности каждого из рассматриваемых оазисов, возникших на землях, подверженных засолению, сказываются на сезонном и многолетнем режиме уровня и минерализации грунтовых вод и на сезонной миграции солей, особенно хлоридов, в слое аэрации.

Голодная степь отличается от всех остальных оазисов обилием атмосферных осадков, которые, выпадая в течение зимнего полугодия, оказывают существенное влияние на уровни грунтовых вод, залегающих ближе 2 м от поверхности земли. В других оазисах их влияние менее существенно, вследствие значительно меньшей их абсолютной величины: в Бухаре в 2 с лишним раза меньше, чем в Голодной степи, в Фергане — в 1,5, в Хорезме — более чем в 3 раза.

РЕЖИМ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД И ФАКТОРЫ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ

Режим уровня грунтовых вод зависит от природных и ирригационно-хозяйственных условий.

Для Бухарской и Пахтааральской опытных станций характерен весенний максимум и осенний минимум уровня грунтовых вод (рис. 5). Но в Бухаре этот максимум наступает в марте—апреле и обусловлен промывными поливами, в Голодной степи — в феврале и обусловлен в основном атмосферными осадками. Затем в Голодной степи есть второй, летний максимум, на 0,5 м глубже весеннего, который формируется под влиянием вегетационных поливов. В Бухаре этот максимум в среднемесячных данных уровня не проявляется. Кривая грунтовых вод почти равномерно спадает до сентября—ноября. В Голодной степи минимум в октябре, после чего начинается довольно быстрый подъем (до 40 см в месяц), обусловленный в основном подземным притоком.

На территории Ферганской опытной станции грунтовые воды характеризуются тремя максимумами в течение года при амплитуде всего 70 см между самым высоким положением уровня в мае—июне, обусловленным вегетационными поливами, и минимумом в сентябре — после прекращения подачи оросительной воды. В 1965 г. в связи с исключительным маловодием в августе и сентябре поливы проводились в основном дренажными водами. На территорию опытной станции в эти месяцы подача оросительной воды была прекращена (табл. 13).

Весенний максимум ниже летнего и связан в основном с водоподачей на промывные поливы, в меньшей степени — с атмосферными осадками при низком расходе грунтовых вод на испарение, а осенний максимум — результат суммарного влияния промывных поливов и атмосферных осадков при подчиненном значении подземного притока. В 1965 г. опытная станция 27,4% водопоступления израсходовала в октябре, что ознаменовалось скачком грунтовых вод вверх (табл. 13).

Совершенно отличен от других оазисов режим грунтовых вод в Хорезмской области. Здесь один максимум на протяжении 6—8 мес., обусловленный водоподачей на промывные и вегетационные поли-

вы, и один минимум, обусловленный закрытием оросительных каналов. Водоподача в обычные годы начинается с 5—21 февраля и прекращается 16—20 сентября.

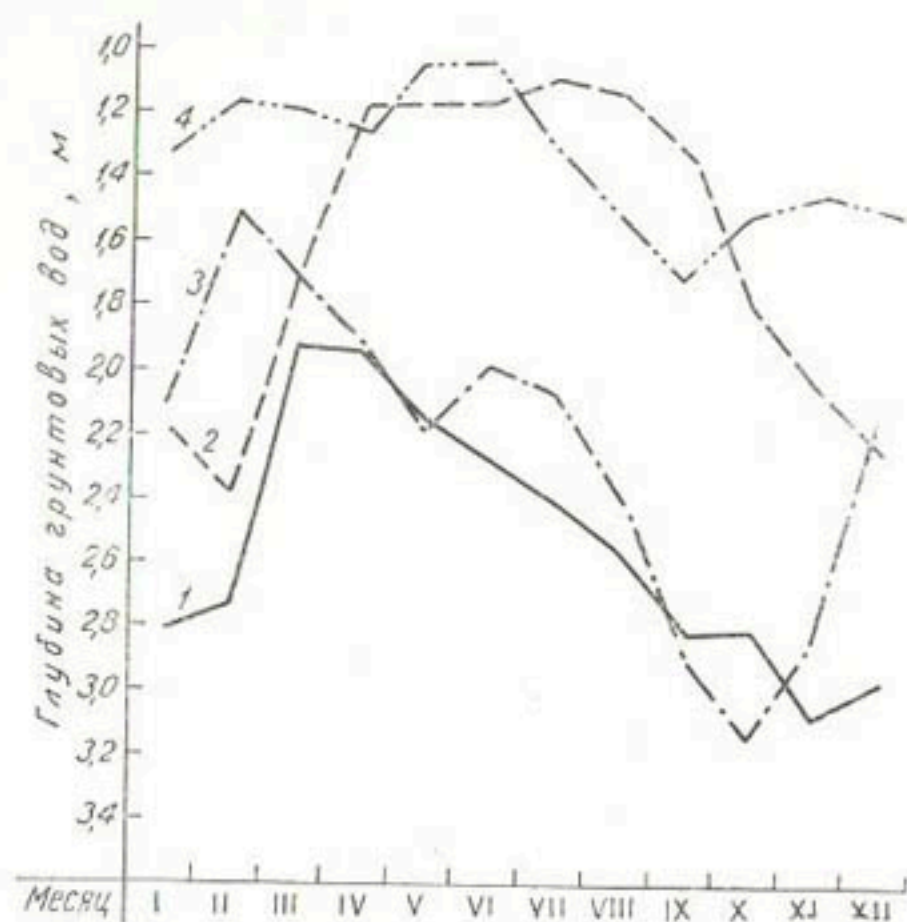


Рис. 5. Сезонный режим уровня грунтовых вод
1—Бухара, 2—Хорезм, 3—Пахтаарал, 4—Фергана.

Величина атмосферных осадков в Хорезмском оазисе настолько мала (80—90 мм), что на режиме грунтовых вод совсем не сказывается.

Таблица 13

Водоподача на территорию областей Узбекистана по периодам года, % от годового стока оросительной воды, 1965 г.

Область	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Сырдарьинская (Голодная степь)	15,1	5,3	0	4,6	6,4	19,0	24,5	15,3	6,0	3,0	0,2	0,6
Бухарская	9,6	12,2	5,2	2,3	4,9	15,3	21,7	19,0	5,5	2,0	1,1	1,1
Хорезмская	0	0,8	11,2	9,6	11,7	19,5	23,3	21,4	2,5	0	0	0
Ферганская	13,6	12,2	10,3	6,6	11,6	5,5	2,5	0	0	27,4	0,1	10,1

Атмосферные осадки

Влияние атмосферных осадков на уровень грунтовых вод в Голодной степи в отдельные годы бывает настолько большим, что они местами выходят на поверхность, а при относительно глубоком их

залегании атмосферные осадки полностью компенсируют промывные поливы (зима 1953/54 и 1968/69 гг.).

Величину проникновения атмосферных осадков мы определяли в лизиметрическом опыте на Пахтааральской опытной станции в течение 1950—1954 гг.

Этими исследованиями установлено, что под разными растительными покровами при одинаковой глубине залегания грунтовых вод до их уровня проникает неодинаковое количество атмосферных осадков (И. К. Киселева, 1957). Наибольшее количество их — 41,1% от годовой суммы достигает уровня грунтовых вод на глубине 1 м хлопковых; 32% — на люцерновых полях и только 30,4% — на перелогах, до глубины 2 м проникает соответственно 14,2; 10,5 и 16,2%, а до глубины 3 м — 3,4, 0,35 и 1,22% (рис. 6).

Изменение соотношения величин на перелоге и на хлопковом поле обусловле-

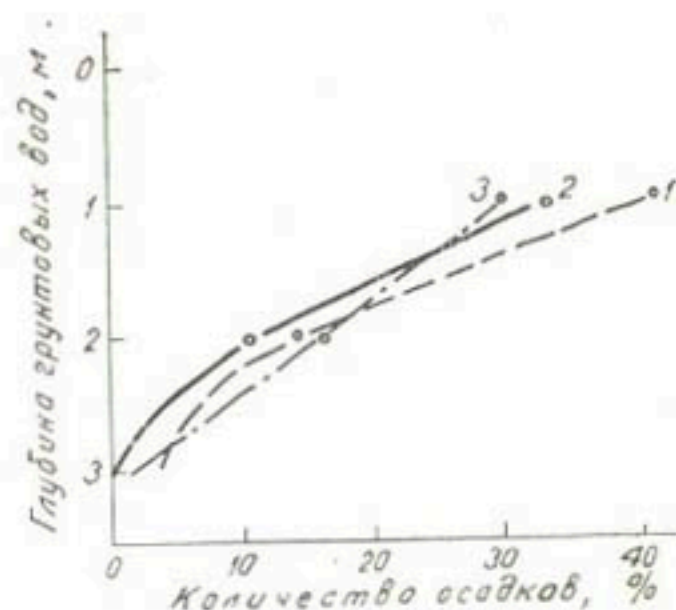
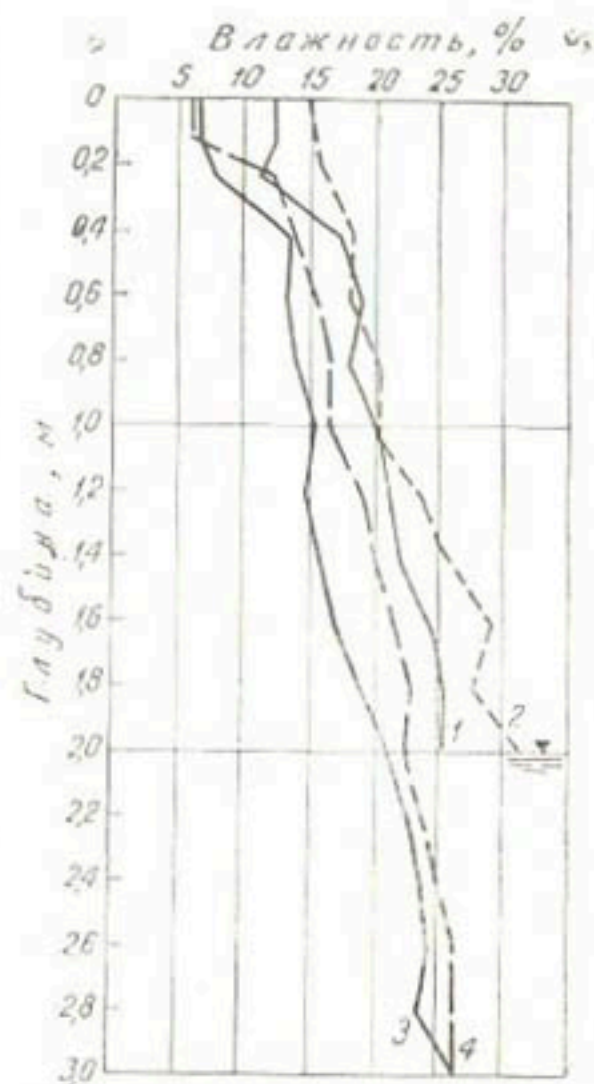


Рис. 6. Проникновение атмосферных осадков до уровня грунтовых вод, % годовой суммы.

1—хлопчатник, 2—люцерна, 3—георозовый перелог.

Рис. 7. Влажность почвы под хлопчатником при разной глубине и минерализации грунтовых вод.

1—0,145 г/л Cl' , глубина 2 м; 2—0,880 г/л Cl' , глубина 2 м; 3—0,175 г/л Cl' , глубина 3 м; 4—0,611 г/л, глубина 3 м.



но очень неглубоким распространением корневой системы солончаковой растительности и вследствие этого — неглубоким иссушением почвенного профиля перелога. 2-й и 3-й метры менее иссушены, чем под люцерной и 3-й даже менее, чем под хлопчатником.

Исследования на Пахтааральской опытной станции проводились при слабой минерализации грунтовых вод и одинаковой во всех лизиметрах.

Позже (1964—1967 гг.) наблюдения за проникновением атмосферных осадков в грунтовые воды мы возобновили в лизиметрах на ЦОМС на хлопковом, люцерновом и кукурузном полях при различной минерализации грунтовых вод, которая внесла существенные изменения в солевой и водный режимы почвенно-грунтовой толщи.

В табл. 14 показана влажность почвогрунтов, а в табл. 15 — их засоление в одних и тех же лизиметрах при одинаковых глубинах уровня, но различной минерализации грунтовых вод и при различ-

Таблица 14

Влажность почвы в зависимости от глубины грунтовых вод, %
(данные И. К. Киселевой)

Горизонт, см	№ 1		№ 3		№ 10		№ 11		№ 16		№ 17	
	15.V	2.X	15.V	2.X	15.V	2.X	15.V	2.X	15.V	2.X	15.V	2.X
1964 г.												
Хлопчатник												
0—100	23,44	19,7	23,27	22,1	16,4	15,8	18,3	18,7	16,2	10,1	17,2	13,3
100—200					24,2	22,8	25,1	24,6	21,0	18,2	19,1	19,5
200—300									24,5	24,5	23,4	24,0
1965 г.												
Люцерна 1-го года												
0—100	23,3	22,2	22,8	25,5	19,0	15,3	19,4	18,2	17,0	12,5	19,2	14,2
100—200					24,0	24,7	25,5	27,7	22,3	17,3	23,2	21,4
200—300									24,6	24,5	24,8	25,9
1966 г.												
Люцерна 2-го года												
0—100	25,8	25,4	25,2	25,4	17,2	19,7	19,7	21,7	14,6	13,7	18,8	14,6
100—200					25,6	23,0	26,6	27,1	22,0	16,0	23,7	16,3
200—300									23,8	19,5	25,6	19,3
1967 г.												
Люцерна 3-го года												
0—100	24,7	27,6	26,8	29,3					19,5	15,6	20,8	14,7
100—200									21,9	13,5	22,9	18,6
200—300									22,8	17,5	23,5	23,5

ной глубине, но примерно равной минерализации. Из сопоставления данных этих таблиц нетрудно заметить превышение степени засоления почв при повышенно минерализованных грунтовых водах и превышение влажности засоленных почв при одной и той же глубине грунтовых вод, но повышенной ее минерализации под одной и той же сельскохозяйственной культурой (рис. 7).

Превышение средневегетационной (IV—IX) минерализации грунтовых вод в 1964 г. по хлору на 0,432 г/л и по плотному остатку на 1,655 г/л в лизиметре 3 по сравнению с 1-м обусловило к октябрю 1964 г. засоление метрового слоя по хлору 0,098, а по плотному остатку 1,224% против 0,042 и 0,981% (табл. 15). При этом

Степень засоления в лизиметрах под хлопчатником, % на сухую почву (данные И. К. Киселевой)

Горизонт, см	№ 1				№ 3				№ 10			
	хлор		плотн. ост.		хлор		плотн. ост.		хлор		плотн. ост.	
	V	X	V	X	V	X	V	X	V	X	V	X
0—100	0,031	0,042	1,087	0,981	0,048	0,098	1,242	1,224	0,035	0,056	0,935	1,233
100—200	—	—	—	—	—	—	—	—	0,034	0,025	1,132	1,048
200—300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ср. за сезон мин. гр. вод, г/л	0,480		2,615		0,912		4,270		0,274		2,300	
0—100	0,022	0,039	0,581	0,784	0,033	0,068	0,594	0,840	0,030	0,059	0,786	0,885
100—200	—	—	—	—	—	—	—	—	0,009	0,010	0,682	0,758
200—300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ср. за сезон минер. гр. вод., г/л	0,325		1,725		0,884		4,360		0,157		1,283	
0—100	0,029	0,044	0,995	0,832	0,038	0,073	0,897	1,167	0,055	0,052	0,880	1,132
100—200	—	—	—	—	—	—	—	—	0,019	0,021	0,599	0,935
200—300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ср. за сезон минер. гр. вод, г/л	0,283		1,565		0,956		4,536		0,168		1,222	

Горизонт, см	№ 11				№ 16				№ 17			
	хлор		плотн. ост.		хлор		плотн. ост.		хлор		плотн. ост.	
	V	X	V	X	V	X	V	X	V	X	V	X
0—100	0,044	0,127	1,027	1,196	0,032	0,350	0,705	0,675	0,019	0,063	0,772	1,349
100—200	0,045	0,047	0,837	1,101	0,016	0,012	0,505	0,476	0,029	0,034	0,966	0,916
200—300	—	—	—	—	0,013	0,010	0,409	0,665	0,020	0,017	0,722	0,719
Ср. за сезон мин. гр. вод, г/л	0,835		4,120		0,314		1,700		0,578		3,070	
0—100	0,077	0,095	0,911	0,928	0,041	0,048	0,610	0,714	0,035	0,065	0,804	0,715
100—200	0,021	0,025	0,913	0,739	0,013	0,023	0,296	0,510	0,024	0,017	0,698	0,747
200—300	—	—	—	—	0,012	0,009	0,359	0,446	0,016	0,013	0,468	0,621
Ср. за сезон минер. гр. вод., г/л	0,840		4,350		0,174		0,941		0,575		3,930	
0—100	0,081	0,119	0,736	1,300	0,061	0,064	0,838	0,921	0,047	0,059	0,730	1,090
100—200	0,053	0,023	0,776	1,156	0,014	0,034	0,376	0,795	0,021	0,037	0,829	1,193
200—300	—	—	—	—	0,009	0,012	0,362	0,414	0,012	0,019	0,727	0,947
Ср. за сезон минер. гр. вод, г/л	0,876		4,141		0,216		1,088		0,665		3,171	

влажность метрового слоя в лизиметре 3 оказалась в октябре на 2,4% выше, чем в лизиметре 1.

Повышенная минерализация грунтовых вод в 2-метровом (№ 11) и 3-метровом (№ 17) лизиметрах (табл. 15) также обусловила более высокое содержание солей в верхнем метре почвенно-грунтовой толщи по сравнению с лизиметрами 10 и 16 со слабой минерализацией грунтовых вод. При этом содержание влаги в первом метре лизиметра 11 было на 2,9% выше, чем в лизиметре 10, а во втором — на 1,8%, в 3-метровых лизиметрах различия в первом метре составили 3,2%, во втором — 1,3, а в третьем различий практически не было.

Примерно такие же различия в содержании солей и влаги установлены в течение всех лет наблюдений. Только под люцерной 1-го и особенно 2-го года при глубине грунтовых вод 3 м сильно иссу-

Таблица 16

Содержание влаги и вредных воднорастворимых солей в слое аэрации на 19 отводе отделения им. XXII Партсъезда в совхозе „Пахтаарал“, % (данные И. К. Киселевой)

Горизонт, см	Влажность 8.V—1952 г.		Хлор		Сухой остаток	
	22	24	22	24	22	24
0—20	13,65	19,85	0,019	0,017	0,360	0,776
20—40	19,40	20,40	0,015	0,017	0,258	0,730
40—60	23,80	27,85	0,012	0,027	0,239	0,608
60—80	30,50	29,82	0,009	0,043	0,244	0,653
80—100	29,90	31,80	0,009	0,038	0,294	0,790
100—150	30,70	31,15	0,010	0,045	0,243	0,709
150—200	30,72	28,20	0,009	0,045	0,219	0,884
Глубина грунтовой воды и ее минерализация, г/л	2,0	2,0	0,346	2,124	2,688	15,472

шается к осени второй метр почвенного профиля, что, вероятно, связано с недостатком поливов, так как в наших опытах лизиметры с глубиной грунтовых вод 2 и 3 м поливались почти одинаково.

Различия во влажности почв при разной минерализации грунтовых вод (табл. 16) и обусловили различия в проникновении атмосферных осадков до уровня грунтовых вод (табл. 17) под всеми культурами.

Повышение влажности засоленных почв по сравнению со слабозасоленными мы объясняем гигроскопичностью содержащихся в почве солей, особенно поваренной. Поэтому при выпадении атмосферных осадков засоленная почва быстро насыщается до предельной полевой влагоемкости, а избыток осадков идет на питание грунтовых вод. При этом чем выше степень засоления почвы, тем больший процент от суммы атмосферных осадков достигает уровня грунтовых вод. Так, в хлопковом лизиметре 1 при исходной степени засоления по хлору 0,039% в 1965—1966 гг. до глубины грунтовых вод 1 м проникло 23,3% осадков, в лизиметре 3 при той же

Инфильтрация атмосферных осадков (в % от их суммы) до уровня грунтовых вод в зависимости от исходной влажности (% от веса почвы) и степени засоления слоя аэрации по хлору (в % от веса почвы)

Показатель	Глубина грунтовых вод и номера лизиметров																	
	1 м						2 м						3 м					
	1	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	

1965 — 1966 гг. (осадков за X—III 214,4 мм)

	Хлопок	Кукуруза	Люцерна	Кукуруза	Хлопок	Кукуруза	Люцерна	Кукуруза	Хлопок	Люцерна	Хлопок	Люцерна	Хлопок	Люцерна
Содержание хлора	0,039	0,068	0,047	0,047	0,077	0,039	0,055	0,059	0,055	0,068	0,048	0,064	0,048	0,065
Исходная влажность	22,2	25,5	24,5	25,3	22,1	21,50	20,5	20,0	23,0	18,71	23,35	44,3	18,1	20,5
Инфильтрация, мм	50,0	54,0	61,0	58,0	42,0	52,5	13,8	23,5	40,0	18,5	24,5	19,0	0	2,0
% от суммы за X—IV	23,3	25,2	28,4	27,0	19,6	24,5	6,4	10,5	18,7	8,6	11,4	8,8	0	0,9

1966—1967 гг. (осадков за X—III 285,4 мм)

	Люцерна						Хлопок						Люцерна					
	Хлопок	Кукуруза	Люцерна	Кукуруза	Хлопок	Люцерна	Хлопок	Кукуруза	Люцерна	Хлопок	Кукуруза	Люцерна	Хлопок	Кукуруза	Люцерна	Хлопок	Кукуруза	Люцерна
Содержание хлора	0,044	0,073	0,064	0,052	—	0,098	0,084	0,052	0,119	0,073	0,090	—	0,067	0,064	0,059	0,079	0,104	—
Исходная влажность	25,4	25,4	24,5	25,7	—	24,6	22,9	21,35	24,4	23,7	21,7	—	22,9	16,3	16,7	21,0	18,8	—
Инфильтрация, мм	63,5	54,0	77,9	69,0	—	59,0	23,5	23,5	25,5	48,0	37,0	—	31,5	0	0	0	0	—
% от суммы за X—IV	22,3	18,9	27,3	24,2	—	20,7	16,5	8,2	26,5*	16,8	13,0	—	11,0	0	0	0	0	—

* В марте 1967 г. лизиметр 11 был промыт нормой 300 мм (3000 м³/га). К 25.IV в нем установился нормальный уровень, но дождь 25.IV (76 мм) обусловил в нем большую и продолжительную инфильтрацию: 29.IV—8,5 мм, 2.V—12 мм, 3.V—19,5 мм, 6.V—5 мм, всего 46 мм.

глубине грунтовых вод, но исходном содержании хлора 0,068% проникло 25,3%. Такая закономерность прослеживается по большинству лизиметров.

Повышенная инфильтрация атмосферных осадков до уровня грунтовых вод на повышенно засоленных землях позволяет сделать вывод, что на засоленных пятнах (внутриозасных перелогах) грунтовые воды в осенне-зимний период поднимаются к поверхно-

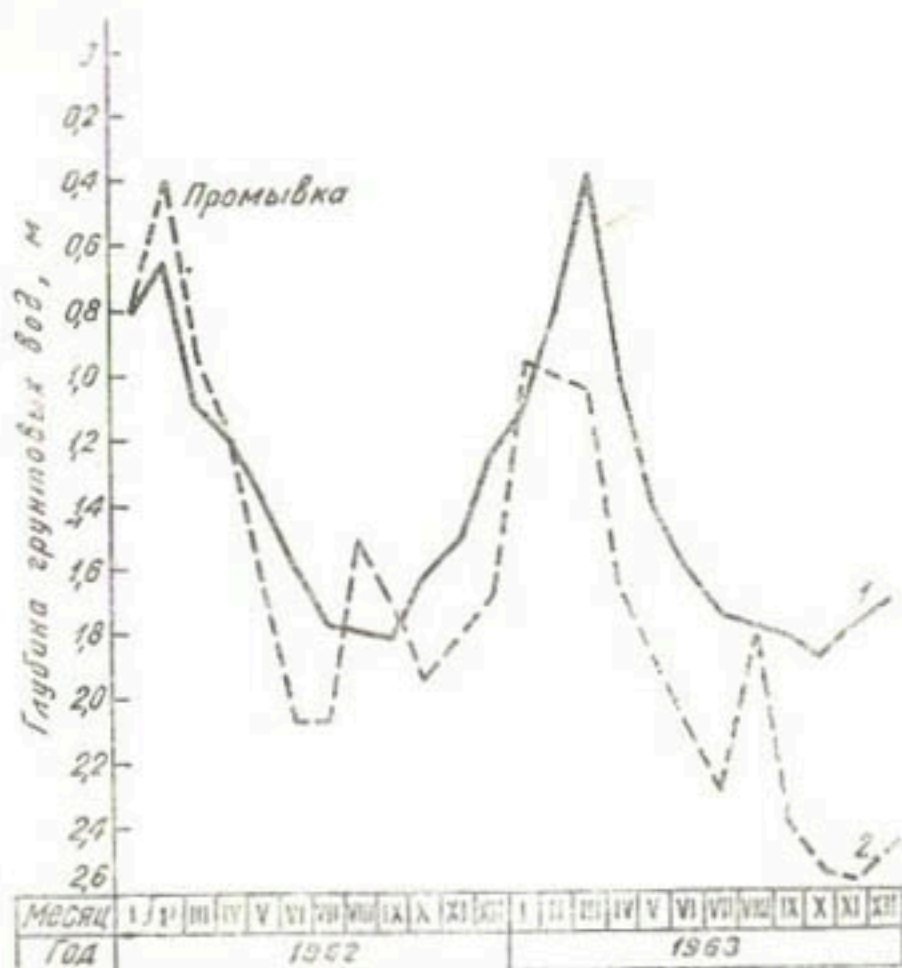


Рис. 8. Режим уровня грунтовых вод на перелог и пашне.

1—засоленный перелог, 2—хлопковое поле.

сти быстрее, и на большую высоту, чем на окультуренных незасоленных землях даже при одинаковой исходной глубине залегания грунтовых вод.

Этот вывод подтверждается и уровнем грунтовых вод на территории ЦОМС СоюзНИХИ по колодцам свободных от дренажа створов (рис. 8).

На неорошаемых землях северо-восточной части Голодной степи режим уровня грунтовых вод в годовом цикле характеризуется одним максимумом в марте—апреле или январе—феврале, который совпадает с максимумом выпадения атмосферных осадков, затем плавным спадом до августа—сентября, обусловленным превышением расхода грунтовых вод над их питанием. Расход грунтовых вод идет в основном на испарение почвой и транспирацию эфемерной растительностью. В октябре—ноябре до выпадения атмосферных

осадков начинается медленный подъем уровня грунтовых вод, обусловленный, видимо, подземным притоком, превышающим их расход на испарение (рис. 8).

Подземный приток в Голодную степь различные авторы определяют неодинаковыми величинами (от 43 до 2000 м³/га).

Как ни разнообразны величины подземного притока, наличие его никем не оспаривается. Влияние подземного притока на формирование режима грунтовых вод и солевого режима почвенного профиля в Голодной степи существенно, оно изменяется в зависимости от геоморфологического положения участка.

При освоении территории под орошаемое земледелие в формировании грунтовых вод начинают принимать участие и такие факторы, как водоподача, дренажные устройства и климат. Влияние климата начинает сказываться с приближением уровня грунтовых вод к поверхности. Температура начинает влиять с глубины 3—2 м, а атмосферные осадки — с 2—1 м.

Ирригационно-хозяйственные факторы

Изменения в режиме грунтовых вод под влиянием хозяйственной деятельности хорошо видны на рис. 9, где показаны сезонные колебания уровня грунтовых вод на территории совхоза «Пахтаарал», т. е. в зоне однородного сложения грунтов лессового типа.

В 1945 г. здесь отмечен подъем уровня от атмосферных осадков с ноября по апрель (от 3,12 до 2,52 м от поверхности земли), который сменился очень незначительным спадом в мае под влиянием испарения и транспирации растительного покрова, затем вновь начался подъем, вызванный подачей воды для вегетационных поливов с максимумом в июле (240 см) и падение уровня с минимумом в ноябре.

1955 г. характеризуется уже более высоким залеганием уровня грунтовых вод (1,78—2,64 м), но с теми же периодами максимума и минимума.

1960 г.—год массового применения дождевания хлопчатника на территории совхоза при меньших поливных и оросительных нормах в вегетационный период и применении промывных поливов на всей площади. Максимум грунтовых вод—в марте на глубине 0,53 м от поверхности почвы и минимум—в августе на глубине 3,8 м. Резкое падение уровня с мая по август обусловлено повышенным расходом грунтовых вод на испарение и транспирацию при недостаточных поливных (500 м³/га) и оросительных (2—2,5 тыс. м³/га) нормах при дождевании. В этом случае в полную меру действует субирригация.

Грунтовые воды в период весеннего максимума в 1965 г. снизились до 1,5 м, вновь появился минимум в мае—результат перерыва между выпадением основной суммы атмосферных осадков и началом вегетационных поливов и следующий максимум—в июне на глубине 1,96 м и минимум—в октябре—3,05 м.

С 1965 г. в совхозе «Пахтаарал» уже действуют скважины вертикального дренажа в период промывок, но в летний период откачка из них прекращается с целью использования грунтовых вод корневыми системами хлопчатника, что позволяет сокращать число вегетационных поливов. Но поливные нормы при дождевании теперь уже повышаются до 1000—1100 м³/га.

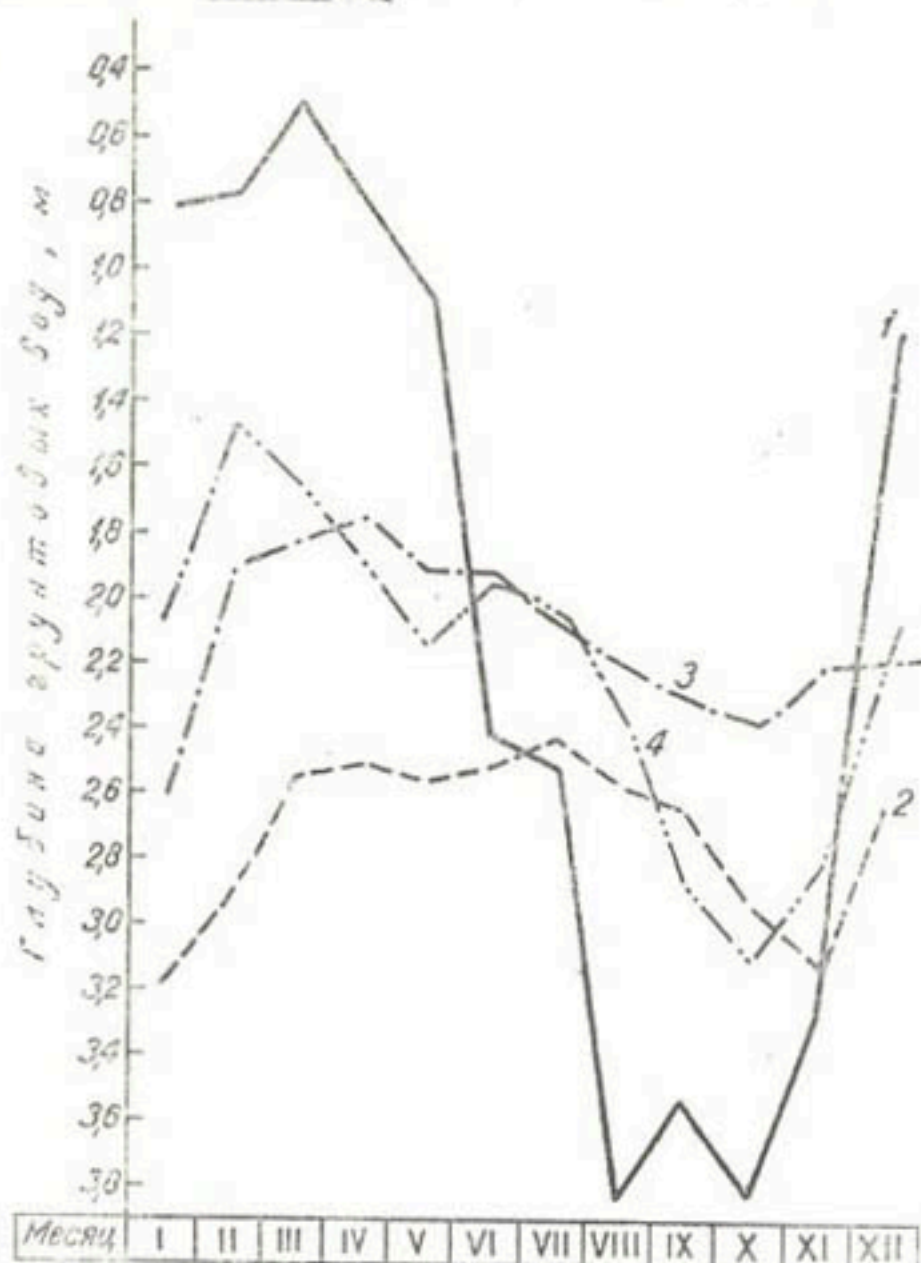


Рис. 9. Сезонные изменения в режиме грунтовых вод в совхозе «Пахтаарал».

1—1960 г., 2—1945 г., 3—1955 г., 4—1965 г.

Тот же характер режима грунтовых вод в 1970—1971 гг., только при большей амплитуде от зимнего максимума 0,20—0,45 м до осеннего минимума 4,10—4,93 м. Летний максимум в 1970 г. зафиксирован на глубине 4,07—4,09 м вместо 1,90—2,00 в 1965 г. В 1971 г. максимум снизился до 2,31, а минимум до 4,18 м.

Такое снижение грунтовых вод по совхозу «Пахтаарал» в 1970—1971 гг. обусловлено непрекращающейся откачкой из скважин вертикального дренажа в течение всего вегетационного периода. Эти уровни хорошо сочетаются с режимом водоподачи и откачек из дренажа.

Так изменение системы орошения хлопчатника и норм водоподдачи в сочетании с вертикальным дренажем и без него внесло поправку в сезонный режим уровня грунтовых вод, а вместе с ним и в солевой режим почвогрунтов совхоза «Пахтаарал».

Режим грунтовых вод в зоне влияния Южно-Голодностепского канала формируется под влиянием орошения самого орошаемого поля, фильтрационного потока из ЮГК, а также отражает влияние имеющихся открытых коллекторов. Чем ближе скважина к открытому коллектору, тем ниже уровень грунтовых вод в ней (рис. 10).

Грунтовые воды здесь также отражают влияние длительности орошения. Так, в 1964 г. в начале вегетационного периода грунтовые воды залегали на глубине 6,6 м в 100 м от коллектора, а в начале следующего года по той же скважине на глубине 4,8 м. Соответственно изменился уровень в период максимума. В 1964 г. он был в июле на глубине 4 м, а в 1965 г. сдвинулся на июнь и достиг глубины 2,47 м.

На середине междурения (335 м от коллектора) в оба года весенние уровни совпадали на глубине 4 м, максимум в июле 1964 г. был на глубине 2,20 м, а в 1965 г. тоже в июле, но на глубине 2,95 м. Последнее понижение обусловлено сокращением орошаемой площади на этом междуренье.

Ясно, что по мере освоения земель под орошение в зоне ЮГК, как и в северо-восточной части Голодной степи, грунтовые воды прогрессивно поднимаются до той же зоны поверхностного регулирования, которую мы наблюдали ранее в новых районах освоения на Джетысайском, Кировском и других массивах северо-западной части Голодной степи в пределах Казахстана.

В Бухарской области уровни грунтовых вод в весенний период поднимаются под влиянием промывных поливов, после прекращения которых идет почти равномерный спад, причем период максимальной водоподдачи на вегетационные поливы на грунтовых водах практически не сказывается, так как поливная вода почти полностью компенсируется испарением и транспирацией.

Те небольшие подъемы грунтовых вод, которые бывают после проведения поливов, не отражаются на среднемесячных данных глубин залегания. Кроме того, Бухарская область до ввода в эксплуатацию Аму-Каракульского (1962 г.) и Аму-Бухарского (1968 г.) каналов всегда испытывала недостаток в оросительной воде. В годы с недостаточной водоносностью р. Зарафшана там использовалась дренажная вода. Избытка в водоподаче в Бухарской области нет и теперь. Поэтому повышение водообеспеченности почти всегда сопровождается повышением урожая хлопка-сырца (табл. 18).

Повышение водообеспеченности Каракульского оазиса в первые годы не обусловило резкого подъема урожаев хлопка в связи с резким повышением уровней грунтовых вод и ухудшением мелиоративного состояния земель. После обеспечения отвода дре-

нажных вод в Денгизкульскую впадину (1965—1966 гг.) урожайность хлопчатника стала повышаться.

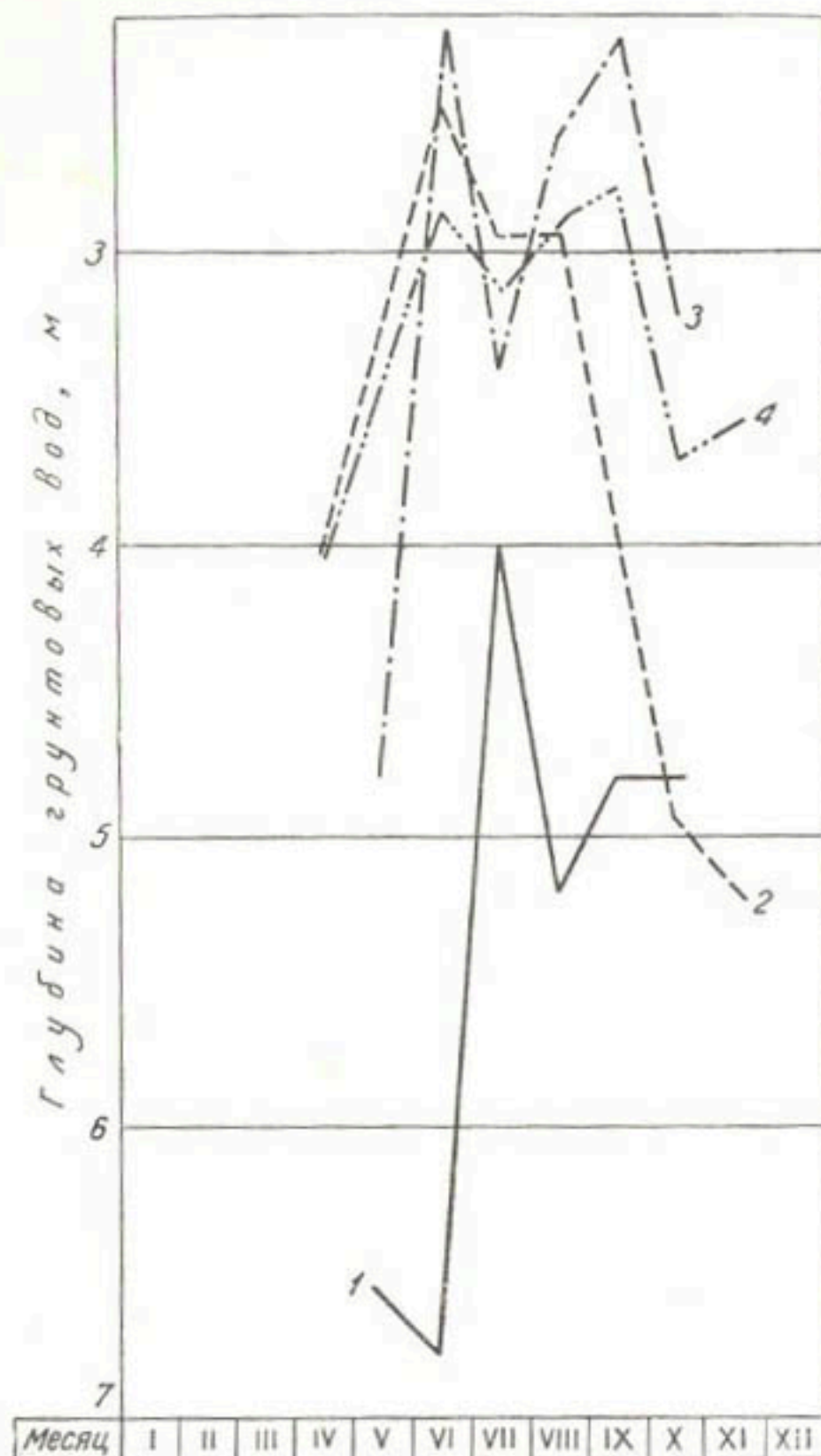


Рис. 10. Режим грунтовых вод в зоне ЮГК.

100 м от коллектора: 1—1964 г., 2—1965 г.; 335 м от коллектора: 3—1964 г. 4—1965 г.

Подземный приток в сумме с осенними атмосферными осадками на уровнях грунтовых вод из-за малости величины сказывается слабо. Осенний подъем грунтовых вод в условиях Бухарской области в 8—10 раз меньше, чем в Голодной степи (рис. 5).

Капиллярный подток от грунтовых вод в корнеобитаемый слой почвы тоже меньше, чем в Голодной степи из-за тяжелого механического состава почвенно-грунтовой толщи, прорезанной в слое аэрации тонкими прослойками глин и песка, удачное чередование которых ослабляет скорость и уменьшает высоту капиллярного подъема.

Колебания уровня грунтовых вод Ферганской долины по материалам Ферганской опытной станции СоюзНИХИ (Сурминский, 1967) менее изменчивы в сезонном режиме, чем в условиях Го-

Т а б л и ц а 18

Годовая водоподача, средняя глубина залегания грунтовых вод
и урожайность хлопчатника по Бухарской области
(данные Бухарского ОблУОС)

Показатель	1957	1958	1959	1960	1961	1962
В среднем по области						
Водоподача, млн. м ³	1636,5	2605,5	2712,2	2542,2	2144,0	2011,7
Глубина грунтовых вод, м	2,7	2,7	2,3	2,4	2,6	3,0
Урожай, ц/га	15,8	19,7	20,4	14,9	16,3	13,9
По Каракульскому оазису						
Водоподача, млн. м ³				396,3	296,9	345,7
Глубина грунтовых вод, м				1,71	2,24	2,02
Урожай, ц/га				20,3	12,6	12,1
Показатель	1963	1964	1965	1966	1967	1968
В среднем по области						
Водоподача, млн. м ³	2635,8	3337,1	2576,8	3112,7	2673,9	3071,4
Глубина грунтовых вод, м	2,9	2,5	2,6	2,4	2,4	2,5
Урожай, ц/га	19,2	18,3	18,9	21,7	23,6	24,2
По Каракульскому оазису						
Водоподача, млн. м ³	445,0	479,4	454,4	461,4	439,3	459,6
Глубина грунтовых вод, м	1,95	1,61	2,09	2,10		
Урожай, ц/га	18,5	16,2	17,2	19,7	23,7	25,0

лодной степи. Однако в многолетнем режиме колебания их уровня по среднегодовым данным изменяются от 105 до 152 см от поверхности земли (Сурминский, 1970). Глубокое залегание грунтовых вод связано с малой водоносностью источников орошения, повышенное — с обильной.

Особенно маловодными были годы 1940, 1947, 1956, 1961, 1971, многоводными — 1937, 1945, 1951, 1954, 1959, 1969.

В маловодные годы недостаток оросительной воды в некоторой мере компенсируется использованием на орошение дренажных и артезианских вод, что сопровождается снижением уровня грунтовых вод, особенно в конце августа—сентябре.

Подпитывание хлопчатника и других культур грунтовыми водами в порядке субиригации в Ферганской долине не получило

большого развития, вследствие слабого капиллярного подтока, обусловленного спецификой литологического строения. Утяжеление механического состава почв в нижней части слоя аэрации препятствует быстрому капиллярному подъему, что при недостаточном поверхностном орошении ведет к угнетению хлопчатника и к потере урожая.

В опытах по изучению режима орошения хлопчатника, проведенных А. Кадыровым (1969), потерь урожая хлопка-сырца без вегетационного полива практически не было, так как грунтовые

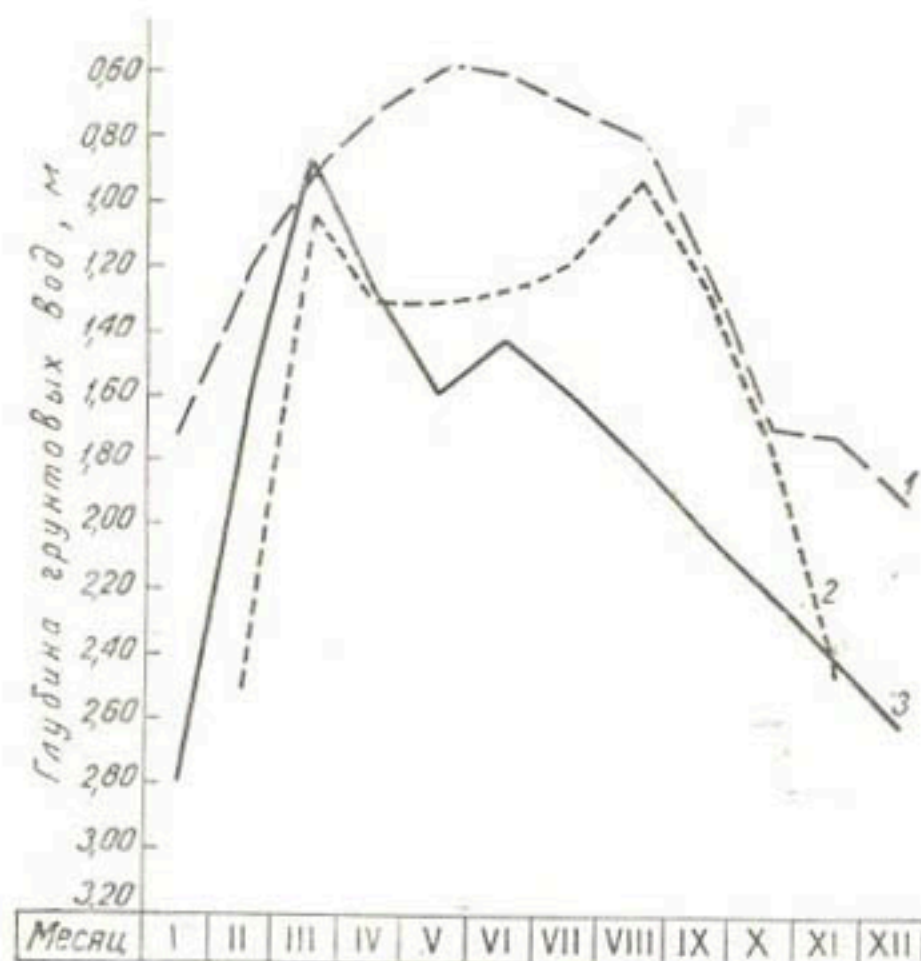


Рис. 11. Глубина грунтовых вод в Хорезмской области.

I гидрогеолого-мелиоративный район: 1—1956 г., 2—1966 г.;
II гидрогеолого-мелиоративный район: 3—1966 г.

воды в течение вегетационного периода залегали на глубине 0,4 м, а годовая сумма осадков превысила среднемноголетнюю их норму более чем в 2 раза.

В 1970 г. нормальном по метеорологическим и гидрологическим условиям, урожайность хлопчатника, выращенного без полива, значительно уступает урожайности в 1969 г.:

	1969 г.		1970 г.	
Оросительная норма, $\text{м}^3/\text{га}$	0	2500	0	3500
Урожай хлопка-сырца, $\text{ц}/\text{га}$	34,80	34,75	13,40	36,80

В Хорезмской области на основании анализа сезонного режима уровня грунтовых вод по створам наблюдательных колодцев,

пересекающих оросительные магистрали по нормали, можно выделить два резко отличающихся друг от друга гидрогеолого-мелиоративных района: I—район интенсивного питания грунтовых вод фильтрационными потерями из канала; II—район слабого или затухающего фильтрационного питания из канала.

Различия в глубинах залегания грунтовых вод в этих двух районах наблюдаются главным образом в период водоподачи на промывные и вегетационные поливы. В период закрытия каналов в обоих районах грунтовые воды залегали одинаково глубоко (рис. 11).

После строительства открытой дренажной сети и, главным образом, отводящих коллекторов—Озерный, Дарьялыкский, Дауданский, произошло снижение грунтовых вод и в I гидрогеолого-мелиоративном районе. Грунтовые воды здесь в течение всего промывного и вегетационного периодов находятся ближе к поверхности земли, чем во II районе.

Из-за различий в уровнях грунтовых вод в этих районах различаются и режимы орошения сельскохозяйственных культур и по-разному формируется солевой режим почвы в слое аэрации.

Вегетационные поливы

Вегетационные поливы в Голодной степи вызывают подъем уровня грунтовых вод с последующими спадами их после каждого полива. Эти подъемы можно наблюдать на самом орошаемом поле и на соседнем с ним неорошаемом, только в меньшем раз-
мере (рис. 12).

Количественное проникновение поливной воды в грунтовые мы изучали в лизиметрическом опыте под различными культурами (площадь лизиметра 1 м^2) при одинаковых и различных глубинах залегания грунтовых вод, при различной их минерализации и, вследствие этого, различной степени засоления корнеобитаемого метрового слоя почвы.

Величина инфильтрации поливной воды до уровня грунтовых вод зависит от исходной их глубины залегания, величины поливной нормы, стадии развития сельскохозяйственной культуры и от степени засоления почвы.

Одинаковые поливные нормы на хлопчатнике при глубине грунтовых вод 1 м от поверхности земли в 1965 г. (табл. 19) и засолении по хлору 0,02 и 0,03% в метровом слое при первом поливе вызвали одинаковую инфильтрацию до грунтовых вод — 16,7% от нормы $600\text{ м}^3/\text{га}$. Такая же инфильтрация была и под кукурузой. Однако по мере роста растений и иссушения почвы корневой системой в условиях слабого (0,02%) и повышенного (0,03% Cl') засоления инфильтрации от второго полива не было, при повышенном содержании хлора (0,03%) вода третьего полива профильтровалась в количестве 25%. При таком же засолении почвы под кукурузой инфильтрация по величине равна ин-

фильтрации под хлопчатником, во время же последнего полива она увеличилась против 2—3-го поливов, но была несколько меньше, чем под хлопчатником.

Повышение инфильтрации поливной воды в период созревания кукурузы, видимо, связано с меньшим водопотреблением этой

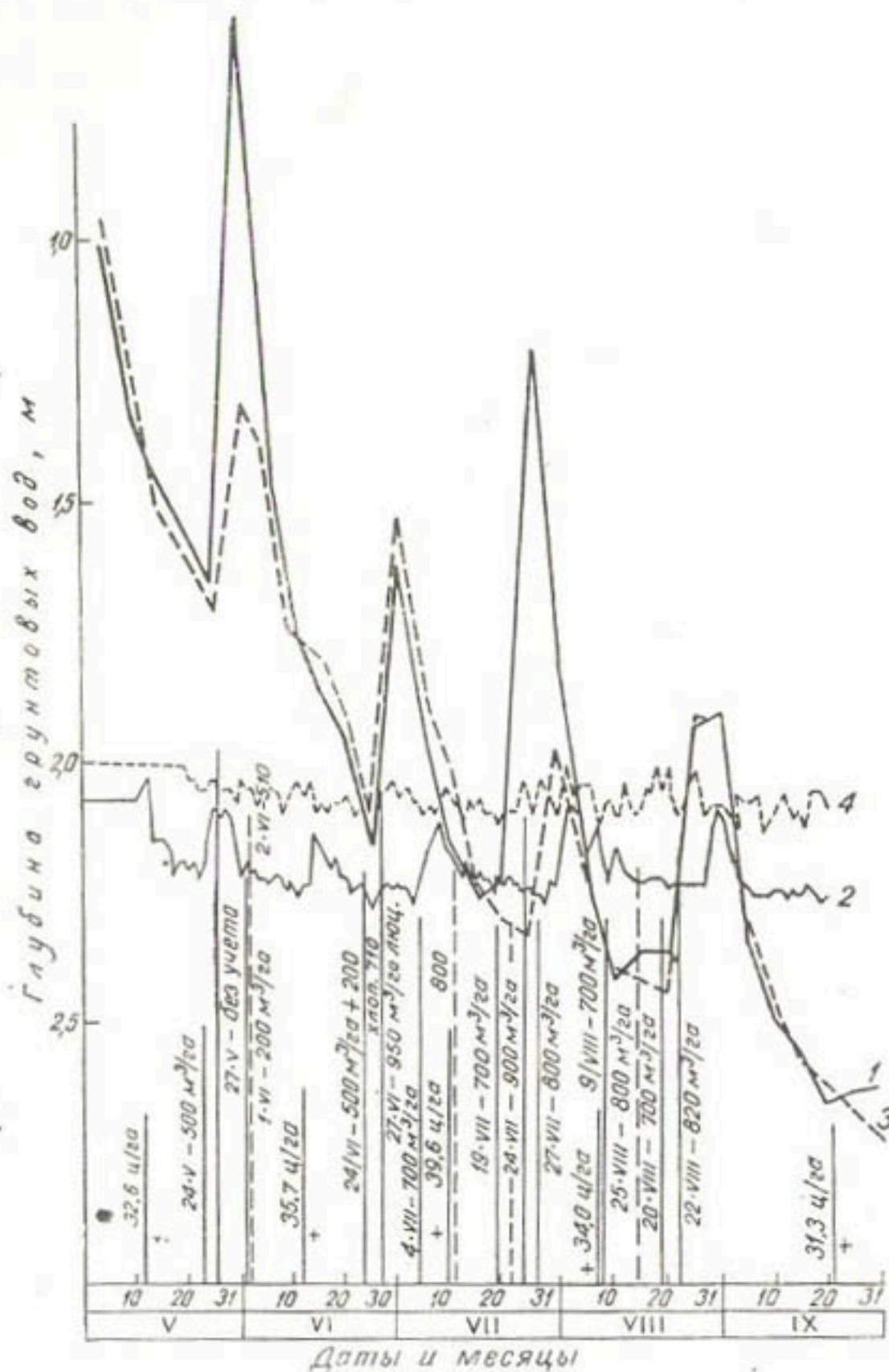


Рис. 12. Режим грунтовых вод.

под люцерной: 1—на поле, 3—в лизиметре. Крестиком показаны укосы;
под хлопчатником: 2—в лизиметре, 4—на поле.

культуры в период созревания зерна в начале августа, а также с повышением степени засоления почвы. Увеличение инфильтрации на повышенно засоленном поле под хлопчатником связано

только с засолением почвы, так как транспирация хлопчатника в июле—августе (период цветения и плодообразования) достигает максимума. А при засолении вегетативная масса невелика, вследствие чего уменьшается транспирация и иссушение почвы.

При глубине грунтовых вод 2 м от поверхности земли и засолении корнеобитаемого слоя 0,03—0,04% в 1965 г. инфильтрация от поливной нормы 1000 м³/га в конце июня была всего 14—18% и только при засолении 0,08% она повысилась до 26%. Последующие поливы нормой 1000 м³/га на этом фоне засоления вызывали инфильтрацию в пределах 18,5—19,5%, а при засолении 0,03—0,04% Cl' инфильтрации уже не было. Норма 800 м³/га в период цветения—плодообразования в 1966—1967 гг. при засолении до 0,05% Cl' в грунтовые воды не проникает (табл. 19).

При поливах люцерны 26 апреля 1965 г. до глубины 3 м (лизиометры 16, 17, 18 и 19) была отмечена инфильтрация 12,5% от нормы 1000 м³/га и в первой половине мая 1966 г.—3%. Вода вегетационных поливов хлопчатника и люцерны нормами от 800 до 1200 м³/га в более поздние сроки не проникала на глубину 3 м.

При глубине грунтовых вод 1 и 2 м на люцерниках инфильтрация поливной воды находится в зависимости от стадии развития люцерны. После укоса норма 500—600 м³/га обуславливает инфильтрацию до глубины 1 м от 30 до 42% при засолении по хлору 0,02—0,03% и от 36 до 92% при засолении 0,06—0,07%. Полив той же нормой за 3—7 дней до укоса при слабой степени засоления не дает инфильтрации, а при засолении 0,06—0,07% снижает ее до 18—64%.

До глубины грунтовых вод 2 м от поверхности земли при содержании хлора в слое аэрации 0,04% и поливах люцерны в первой половине межкусового периода инфильтруется от 9 до 23% от поливной нормы 1000—1200 м³/га, причем в весенний период инфильтрация выше, чем в летний. При поливах во второй половине межкусового периода нормами 800 м³/га инфильтрация равна нулю (табл. 19).

Примерно те же величины инфильтрации поливной нормы наблюдались нами в лизиметрическом опыте на Пахтааральской опытной станции (1957 г.).

При засолении слоя аэрации около 0,07% поливы в первой половине межкусового периода повышают инфильтрацию до 30—60% от нормы 800—1000 м³/га, а во второй половине снижают до 8—30%.

При засолении 0,016% по хлору вода от поливных норм 700—800 м³/га не достигала глубины 2 м, а при засолении 0,04% фильтровалась в количестве от 6 до 57% в соответствии с фазой развития, т. е. с величиной транспирирующей массы (табл. 19).

Интересно, что в условиях лизиметров поливная норма 500—600 м³/га обуславливает инфильтрацию от 5 до 17% при засолении 0,02% Cl' только до глубины 1 м, до 2 м на таком фоне за-

соления инфильтрации нет даже при нормах $800 \text{ м}^3/\text{га}$ ни на хлопчатнике, ни на люцерне (рис. 12, табл. 19). В полевых условиях мы наблюдали подъемы уровня грунтовых вод при исходной глубине залегания 2 м и более даже при поливных нормах $300 \text{ м}^3/\text{га}$, что соответствует проникновению в грунтовые воды $100\text{—}120 \text{ м}^3/\text{га}$. При

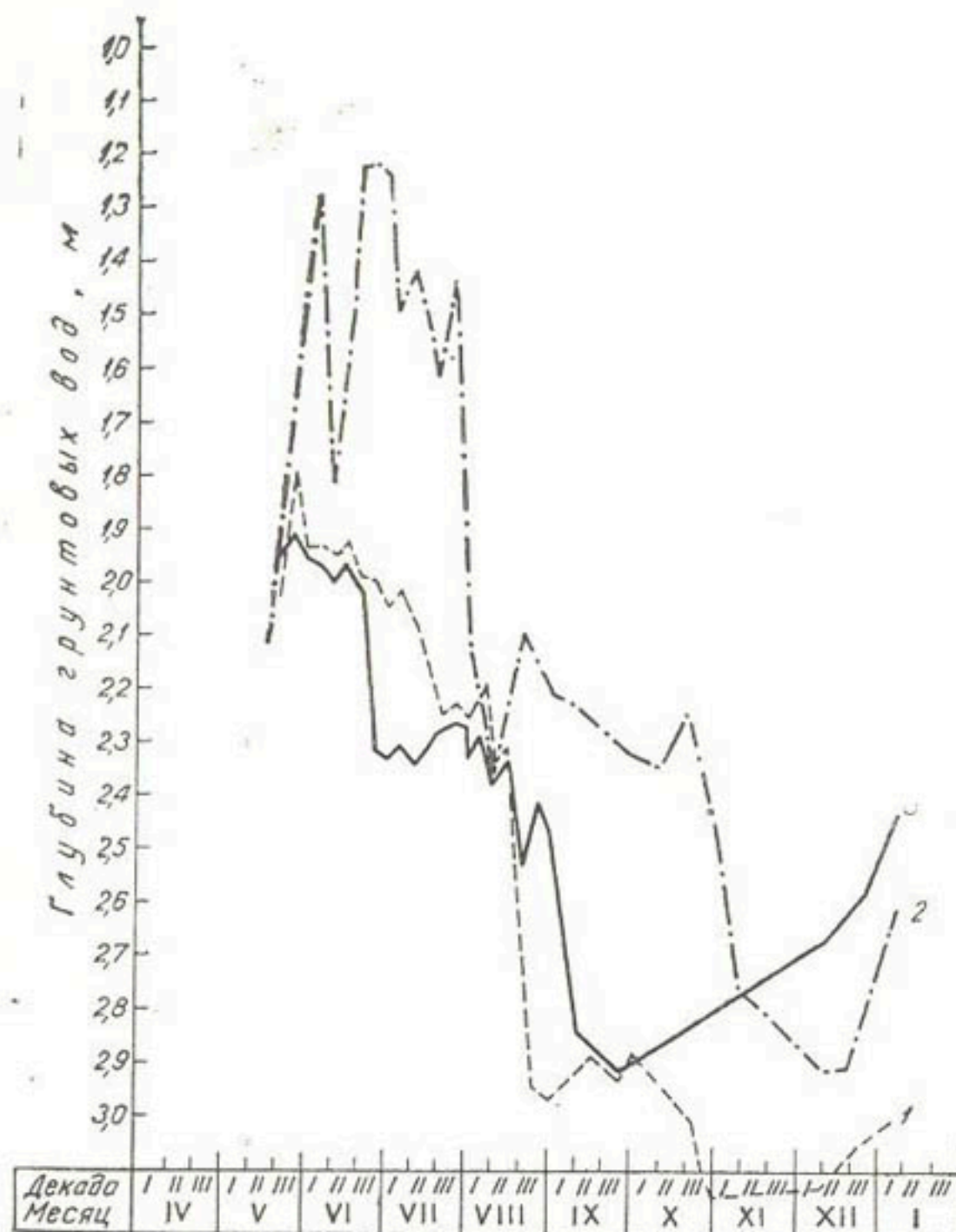


Рис. 13. Колебания уровня грунтовых вод в отделении им. Коминтерна совхоза „Пахтаарал“ при разных поливных нормах для хлопчатника.

1,3—поливная норма $300 \text{ м}^3/\text{га}$ (дождевание), 2— $1200 \text{ м}^3/\text{га}$.

поливных нормах $1200\text{—}1400 \text{ м}^3/\text{га}$ подъемы уровня грунтовых вод в колодце 12 (50) достигали 60 см (рис. 13).

На таких же грунтах и при той же степени засоления в лизиметрах инфильтрация не наблюдается. В этом отношении интересно сопоставить уровни грунтовых вод на поле люцерны и вечер-

ние замеры уровня в лизиметре с люцерной, а также уровни грунтовых вод на поле хлопчатника и в лизиметре с хлопчатником на территории ЦОМС в 1967 г.

Поливы хлопчатника на поле и в лизиметре осуществлялись почти одновременно с разрывом в 3—5 дней, люцерну в лизиметре поливали чаще, так как в год посева при глубине грунтовых вод 2 м ощущалась потребность в поливе.

На рис. 12 показаны вечерние замеры уровня грунтовых вод в лизиметрах, которые являются результатом дневного понижения уровня за счет расхода на транспирацию и испарение. После каждого утреннего и вечернего замера вода в лизиметре доливалась до заданного уровня (в данном случае до 2 м). Из рис. 12 видно, что при глубине грунтовых вод 2 м в лизиметрах ни один полив хлопчатника и люцерны не обусловил подъема уровня выше 2 м.

В день полива и в течение 2—3 дней после полива расход грунтовых вод на транспирацию продолжался, но в количествах меньших, чем перед поливом. Например, в лизиметре 10, занятом люцерной первого года выращивания, 3. VII дневное понижение уровня грунтовых вод было 24 см (рис. 12, линия 3) для восстановления уровня потребовалось долить 8 л воды, что соответствует дневному расходу грунтовых вод на суммарное испарение и транспирацию 80 м³/га.

4. VII утром был произведен поверхностный полив нормой 700 м³/га (70 л в лизиметр), а к вечеру 4. VII понижение грунтовых вод было 27 см, и для восстановления уровня потребовалось долить 9 л (90 м³/га). Вероятно, увеличение произошло за счет того, что перед поливом предварительно не был восстановлен заданный уровень.

6. VII дневной расход уменьшился до 5,5 л (23 см понижение), 7. VII—4,0 л, 8. VII—3,5; 9. VII—2,0 л. И только с 10. VII дневные расходы грунтовых вод начали нарастать. Максимум 7,0 л наступил только 14. VII, на 10-й день после полива.

Таким образом, вегетационный полив не обусловил подъема грунтовых вод, но уменьшил их расход на создание урожая. Такой характер дневных изменений уровня можно видеть в течение всего вегетационного периода и под хлопчатником, и под люцерной при заданной глубине 2 м от поверхности земли.

Совсем иной характер грунтовых вод на поле люцерны (линия 1) и на поле хлопчатника (линия 4).

Полив люцерны 27. VI нормой 950 м³/га при исходной глубине грунтовых вод 2,15 м от поверхности обусловил подъем их на 53 см. До исходного уровня они опустились только на 10. VII (на 10-й день после зарегистрированного максимума, на 3-й день после полива).

Полив люцерны через 5 дней после укоса 24. VII нормой 900 м³/га обусловил подъем грунтовых вод на 101 см против исходного 922 см. Полив 22. VIII нормой 820 м³/га на 14-й день после укоса

обеспечил подъем уровня грунтовых вод на 43 см с глубины 236 см.

Таким образом, и на поле, и в лизиметрах наблюдается одинаковая закономерность в расхождении грунтовых вод, т. е. расход их падает до минимума после укоса и увеличивается по мере отрастания люцерны.

Величина поливной нормы, не дающая подъема в лизиметрах, вызывает подъем грунтовых вод на поле с глубины 2 м от 40 до 100 см, что можно объяснить только наличием подземного притока. И то, что этот подъем на люцерниках увеличивается при поливах, проводимых после укоса, еще раз подтверждает наличие большого подземного притока, который в межполивной период используется на создание урожая и идет на испарение почвой, вызывая засоление корнеобитаемого слоя. Следовательно, подъем грунтовых вод в полевых условиях формируется двумя факторами: 1) инфильтрацией поливной воды, которая не достигает глубины 2 м, и 2) подземным притоком. Последний в доливной и межполивной периоды расходуется на испарение и транспирацию, а во время полива испарение его экранируется поливной водой и он идет на насыщение слоя аэрации над уровнем грунтовых вод и на подъем их зеркала.

Влажность и засоление почвенного профиля

Влажность почвы в условиях однородного сложения средних суглинков северо-восточной части Голодной степи целиком определяется глубиной залегания грунтовых вод, т. е. чем ближе уровень их к поверхности земли, тем выше влажность в корнеобитаемом слое почвы.

Пользуясь этой закономерностью, А. Ф. Сляднев (1954) составил номограммы запасов влаги в слое аэрации в зависимости от глубины залегания грунтовых вод по полевым наблюдениям в условиях слабого засоления почв. А. И. Голованов и О. Паласнос (1968) запасы влаги в слое аэрации выражают математической зависимостью, подразделяя мощность слоя (T), в котором происходят колебания грунтовых вод, на три зоны: 1) полного насыщения—ниже уровня грунтовых вод; 2) капиллярного увлажнения; 3) зона выше высоты максимального капиллярного поднятия, влажность которой не зависит от глубины грунтовых вод. В зоне полного насыщения запасы влаги (ω) равны скважности почвы (m) за вычетом объема заземленного воздуха (P).

$$\omega = (m - P) (T - a),$$

где a —глубина грунтовых вод.

В зоне капиллярного увлажнения, где влажность изменяется от максимальной (ω_1) у поверхности грунтовых вод до минимальной (ω_0), распределение влаги принимается соответствующим параболической кривой, предложенной С. Ф. Аверьяновым.

$$\omega = \omega_1 \sqrt{1 - \frac{a-y}{H_k} (1 - \beta^2)},$$

где

$$\beta = \frac{\omega_0}{\omega_1},$$

H_k — максимальная высота капиллярного поднятия.

В третьей зоне влажность условно принимается равной наименьшей влагоемкости (ω_0), а общий запас влаги равен $W_n \approx \omega_0(a - H_k)$. Однако в общие запасы влаги при одинаковой глубине грунтовых вод, как мы уже видели, некоторые коррективы вносит их минерализация, т. е. чем выше минерализация воды, а, следовательно, и степень засоления почвы (особенно в осенний период), тем выше влажность почвенного профиля.

Эта зависимость видна на рис. 7, выполненном нами по лизиметрическим исследованиям на ЦОМС СоюзНИХИ. Здесь при глубине грунтовых вод 3 м от поверхности земли повышение минерализации ее с 0,178 до 0,610 г/л по хлору обусловило повышение влажности метрового слоя почвы под хлопчатником на 1,65%, а под люцерной на 2,95%.

Понижение грунтовых вод с 1 до 2 м уменьшает влажность в верхнем метровом слое под хлопчатником в конце вегетационного периода при одинаковой минерализации грунтовых вод от 25,5 до 18,3% веса сухой почвы. При снижении грунтовых вод до 3 м влажность верхнего метра под хлопчатником снижается до 14,2%.

Таким образом, при глубине грунтовых вод 1 м от поверхности земли влажность в слое аэрации в конце вегетации держится выше предельной полевой влагоемкости (22%), при глубине 2 м от поверхности земли она составляет 83%, а при 3 м — 65%. Эта влажность наблюдалась нами в лизиметрах через месяц после окончания поливов до выпадения атмосферных осадков.

В полевых условиях на хлопковых полях Голодной степи (совхоз «Пахтаарал», ЦОМС) влажность почвы практически не бывает ниже 18% от веса почвы, что равно 80% от предельной полевой влагоемкости (график 14), т. е. при диагностировании поливов по влажности почвы при глубине залегания грунтовых вод менее 2 м можно обходиться без поливов.

Это можно подтвердить данными полевых опытов, проведенных А. Ходжихановым на ЦОМС, И. М. Поповой и Н. П. Ефименко в совхозе «Пахтаарал» (табл. 20).

Опыт А. Ходжиханова проведен на участке, дренированном системой закрытого дренажа. Глубина грунтовых вод 1,5—2,2 м и минерализация их по плотному остатку в начале вегетационного периода 3,2—4,8 г/л и в конце—4,0—5,8 г/л, по хлору—соответственно 0,2—0,25 и 0,7—0,8 г/л.

Из табл. 20 видно, что самый высокий урожай на ЦОМС получен при оросительной норме 2100 м³/га, поданной в два полива

в период цветения—плодообразования; третий полив в период созревания был уже лишним. Поливы по влажности почвы нормой $1000 \text{ м}^3/\text{га}$ еще более снизили урожайность, и вариант без полива обусловил самый низкий, но тоже неплохой урожай.

По большинству опытов на Пахтааральской опытной станции наиболее высокие урожаи бывают при двух вегетационных поливах, проведенных в период цветения — плодообразования, и реже — при трех поливах.

Варианты без полива и с одним поливом в цветение — плодообразование дают наибольший процент выпадов от засоления (Ефименко, 1951) и наибольшее сезонное засоление (табл. 20, 21).

Большие урожаи без поливов выращиваются только в течение одного года. Для получения всходов в следующем году необходимо проведение промывных поливов грузными нормами, так как при недостатке поверхностного орошения в этих грунтах идет очень интенсивный капиллярный подток грунтовых вод вместе с растворенными в них вредными для хлопчатника солями (табл. 21).

Из табл. 21 видно, что степень сезонного засоления почвы по хлору и и плотному остатку уменьшается с увеличением числа вегетационных поливов, причем сезонное засоление по хлору на варианте без полива и при двух поливах по пласту больше, чем на старопашке.

По материалам наблюдений в других подверженных засолению зонах

увлажнение корнеобитаемого слоя почвы в большей мере зависит от уровня грунтовых вод и оросительной нормы. Во всяком случае эпюра влажности имеет иной характер (рис. 14, 15).

На станции Федченко на опытном участке А. З. Мингалиевой грунтовые воды залегают на глубине 59—167 см, а в «Пахтаарале» — 160—250 см на участке дождевания, и 160—180 см на участке бороздкового полива.

На Федченковской опытной станции после грузной промывки нормой $5000 \text{ м}^3/\text{га}$ средняя влажность метрового слоя почвы 3. VI была 27,18%, но к концу августа после проведения четырех вегетационных поливов общей нормой около $5000 \text{ м}^3/\text{га}$ тот же

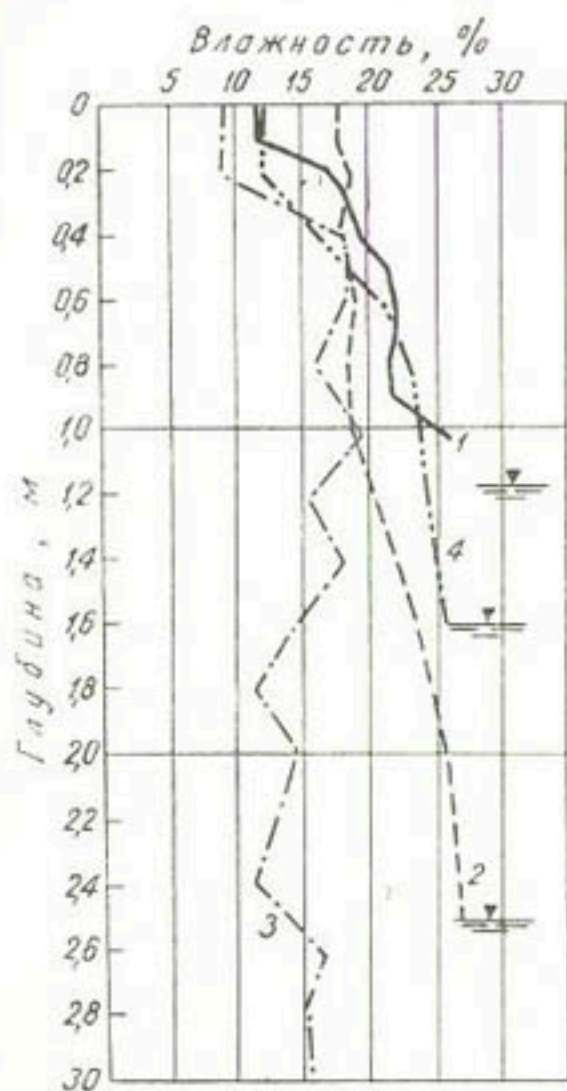


Рис. 14. Весенние эпюры влажности в различных районах УзССР.

1—ст. Федченко, 2—совхоз «Пахтаарал», 3—совхоз № 5 (ЮГК), 4—Бухара.

Урожайность (в ц/га) хлопчатника в зависимости от оросительных норм на светлых сероземах Голодной степи

Исполнитель опыта и год	Показатель	Вариант опыта						Примечание
		I	II	III	IV	V	VI	
И. М. Попова, 1949	Схема полива	0-1-0	0-2-0	1-2-0	1-3-0	—	—	Глубина грунто- вых вод 1,7-2,2 м
	М	1000	2000	3000	3850	—	—	По пласту 2-лет- ней люцерны
	Урожай	43,0	46,8	47,9	45,0	—	—	Глубина грунто- вых вод 1,7-2,6 м
Н. П. Ефимен- ко, 1950	Схема полива	1-0-0-0	1-0-1-0	1-0-2-0	1-1-2-0	—	—	по пласту 3-лет- ней люцерны
	М	600	1600	2600	3500	—	—	Глубина грунто- вых вод 1,8-3,2 м
	Урожай	36,1	48,6	48,7	45,9	—	—	по старопашке
Н. П. Ефимен- ко, 1951	Схема полива	1-1-0	1-2-0	1-3-0	—	—	—	Глубина грунто- вых вод 1,8-2,6 м
	М	2331	3405	4167	—	—	—	по обороту пласта
	Урожай	41,4	45,0	41,3	—	—	—	люцерны
Н. П. Ефимен- ко, 1952	Урожай за вы- четом засолен- ных пятен	46,8	44,9	41,0	—	—	—	По обороту плас- та
	Схема полива	0-2-0	1-2-0	1-2-0	—	—	—	По старопашке
	М	2218	2772	2864	—	—	—	
А. Ходжиханов, 1958	Урожай	33,9	31,1	34,1	—	—	—	
	М	2100	2820	2360	—	—	—	
	Урожай	25,5	24,8	24,0	—	—	—	
	Схема полива	0-2-0	0-2-0	70-70-70 от ПВ	По сосущей силе листь- ев 17- —18 атм	По внеш- ним при- знакам	Без по- лива	
	М	2074	3074	1029	3080	1966	0	
	Урожай	38,14	36,09	34,13	33,64	36,0	32,0	

Примечание. М — оросительная норма в м³/га.

слой почвы иссушился в среднем до 18,3%, т. е. абсолютная потеря влаги составила 8,88%.

На светлых сероземах «Пахтаарала», на участке бороздкового полива общей нормой 4700 м³/га, при более глубоком залегании грунтовых вод (160—180 см) метровый слой почвы с апреля по октябрь потерял только 3,36% влаги: с 25,36 до 22,0%.

При поливах дождеванием общей нормой 1090 м³/га и глубине залегания грунтовых вод 2—2,5 м метровый слой почвы в июле был увлажнен до 20,26%, а в конце октября до 14,8%, т. е. разница между исходной и конечной влажностью почвы равна 5,46%.

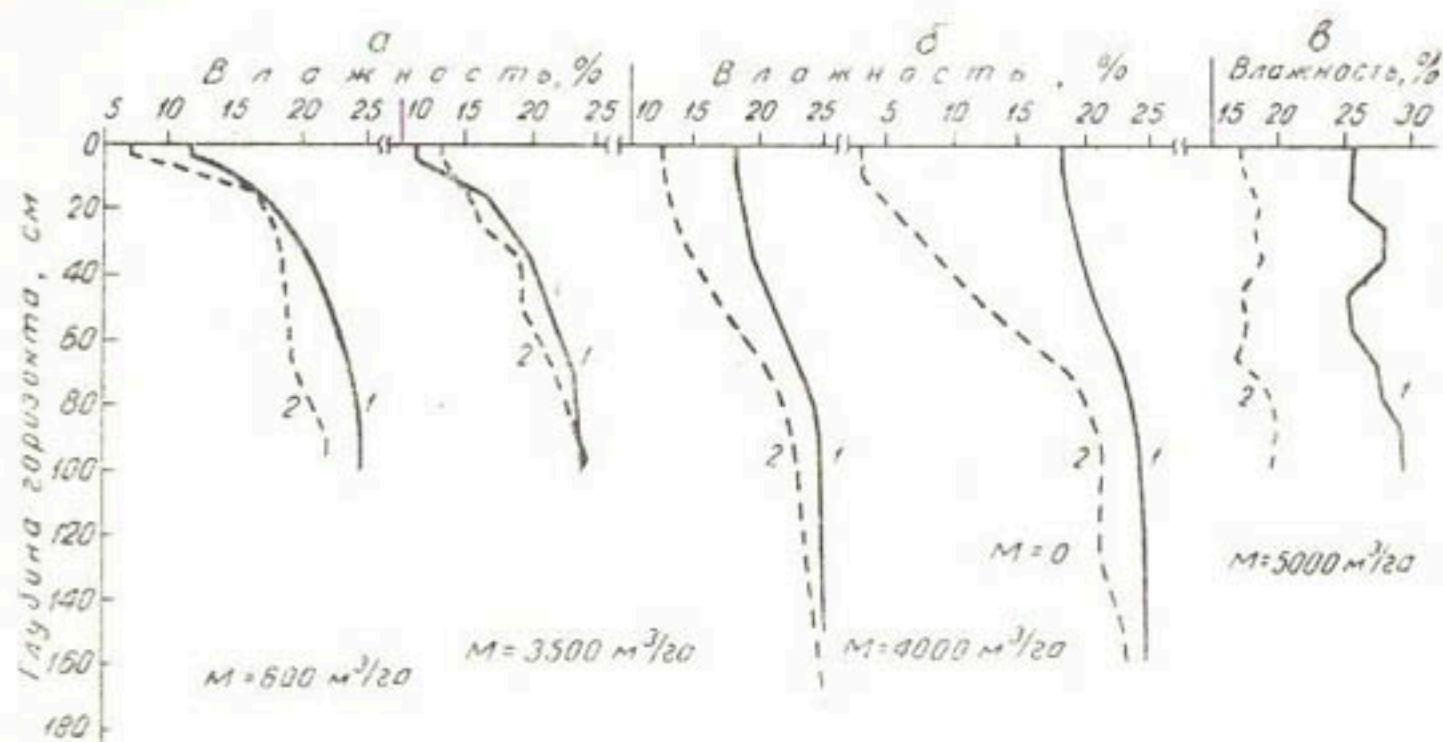


Рис. 15. Иссущение почвы хлопчатником в различных районах УзССР.

а — Пахтаарал, 1950 г. (опыт Ефименко), $h=1,7-2,6$ м; б — Бухара, 1968 г. (опыт Габдракипова), $h=1,3-1,7$ м; в — Федченко, 1964 г. (опыт Мингалиевой), $h=0,59-1,67$ м. 1 — весна, 2 — осень. М — оросительная норма.

Среднесуточная потеря влаги за 133 дня, за исключением оросительной воды, — 0,041%. При поливах по бороздам из запасов почвенной влаги в течение учетного периода (194 дня) израсходовано всего 3,36%, т. е. в 2,6 раза меньше, чем при такой же оросительной норме в условиях Федченковской опытной станции.

В среднем за день при бороздковом поливе в условиях «Пахтаарала» (Голодная степь) потери из запасов почвенной влаги составляли 0,012%, а в условиях опытной станции Федченко 0,100%, т. е. почти в 9 раз больше. Эти данные подтверждают заключение С. Н. Рыжова (1954) о большой мобильности (в данном случае капиллярном подтоке) влаги в лессовидных однородных по сложенности суглинках Голодной степи.

Во всех трех случаях выращены почти одинаковые урожаи хлопчатника: 30,1 ц/га — на Федченко, 27,6 ц/га — в «Пахтаарале» при орошении по бороздам и 27,0 ц/га при орошении дождеванием. Очень слабое иссушение почвы в условиях совхоза «Пах-

гаарал» наблюдала и А. Р. Рифтина в 1957 г. при орошении хлопчатника дождеванием (табл. 22 и 23).

Для выращивания урожаев в 25—30 ц/га определим водопотребление хлопчатника методом С. М. Алпатьева (1961), преобразованным В. Р. Шредером (1970) для хлопковой зоны. Для треть-

Т а б л и ц а 21

Изменение степени засоления почв в зависимости от числа вегетационных поливов, % на сухую почву

Горизонт, см	Апрель		Октябрь		Апрель		Октябрь		Апрель		Октябрь	
	Cl'	плотн. ост.	Cl'	плотн. ост.	Cl'	плотн. ост.	Cl'	плотн. ост.	Cl'	плотн. ост.	Cl'	плотн. ост.

Н. П. Ефименко, 1950. Пласт 3-летней люцерны

	Без полива				2 полива				3 полива			
0—20	0,021	0,510	0,171	1,011	0,016	0,865	0,072	1,006	0,013	0,297	0,040	0,415
20—40	0,028	0,585	0,113	0,816	0,030	0,564	0,070	0,908	0,016	0,294	0,027	0,334
40—60	0,032	0,437	0,110	0,944	0,045	0,597	0,060	0,707	0,019	0,237	0,012	0,331
60—80	0,031	0,517	0,088	0,674	0,048	0,339	0,027	0,398	0,014	0,196	0,008	0,202
80—100	0,032	0,539	0,083	0,619	0,042	0,517	0,029	0,481	0,012	0,233	0,009	0,161
Среднее	0,029	0,518	0,113	0,813	0,038	0,576	0,052	0,700	0,015	0,251	0,019	0,289

Старопашка

0—20	0,076	0,830	0,120	1,348	0,033	0,600	0,144	1,013	0,011	0,290	0,040	1,013
20—40	0,109	0,975	0,062	0,874	0,064	0,617	0,056	0,674	0,015	0,242	0,014	0,674
40—60	0,084	0,816	0,051	0,761	0,088	0,562	0,028	0,622	0,013	0,127	0,008	0,622
60—80	0,054	0,525	0,038	0,658	0,064	0,529	0,018	0,369	0,006	0,217	0,006	0,369
80—100	0,076	0,794	0,031	0,440	0,052	0,462	0,014	0,310	0,009	0,140	0,007	0,310
Среднее	0,080	0,788	0,060	0,816	0,060	0,554	0,052	0,598	0,011	0,205	0,015	0,598

А. М. Попова, 1949. Пласт 2-летней люцерны

	1 полив				4 полива							
0—20	0,010	0,311	0,093	0,882	0,002	0,090	0,015	0,357				
20—40	0,022	0,510	0,090	0,825	0,004	0,145	0,015	0,199				
40—60	0,046	0,477	0,085	0,854	0,008	0,178	0,010	0,130				
60—80	0,076	0,477	0,070	0,568	0,010	0,116	0,015	0,150				
80—100	0,074	0,461	0,075	0,513	0,010	0,119	0,015	0,198				

Примечание. В опыте 1950 г. на всех вариантах был дан подпитывающий полив нормой 600 м³/га.

его гидромодульного района, по среднемноголетним данным, в условиях Федченко оросительная норма должна быть 7200 м³/га, а для седьмого, где проводила опыты А. З. Мингалиева (1969), оросительная норма должна бы быть равной $0,58 M_{III} = 0,58 \cdot 7200 = 4200$ м³/га, т. е. недостающие 3000 м³/га хлопчатник должен брать из запасов почвенной влаги и капиллярного подтока от грунтовых вод.

В Голодной степи расчетное водопотребление хлопчатника равно 7000 м³/га для третьего гидромодульного района и

Динамика влажности (% к абс. сух. весу) почвы при дождевании хлопчатника в совхозе „Пахтаарал“, 1957,
карта II (данные А. Р. Рифтиной)

Глубина, см	24.IV	8.V	21.V	1.VI	10.VI	19.VI	1.VII	3.VII	10.VII	16.VII	20.VII	25.VII	30.VII	2.VIII	8.VIII	10.VIII	15.VIII	29.VIII	17.IX	3.X									
Полив 1—2.VII (556 м ³ /га)										Полив 21—24.VII (556 м ³ /га)										Полив 8—9.VIII (385 м ³ /га)									
0—10	15,6	15,3	13,6	15,4	9,7	11,4	12,2	20,1	10,8	12,9	13,7	25,8	21,0	16,5	14,3	26,4	21,7	15,3	15,1	—									
10—20	20,5	21,1	18,5	18,9	18,5	18,3	18,1	21,6	18,1	17,4	17,4	20,1	15,4	17,5	17,8	20,0	19,6	18,1	16,8	18,4									
20—30	19,4	19,6	18,1	19,1	18,5	18,8	17,6	21,0	18,3	19,8	18,8	21,2	18,7	18,1	18,1	20,0	18,0	18,5	17,5	18,2									
30—40	24,2	23,7	23,0	22,4	22,0	19,7	21,9	23,1	21,2	20,5	22,0	23,9	21,0	20,0	20,7	20,4	20,5	20,4	19,4	19,9									
40—50	27,1	23,0	24,4	24,6	24,3	23,7	23,9	25,5	23,1	23,5	23,6	25,9	23,7	22,6	22,5	23,4	22,7	20,9	20,0	19,4									
50—60	27,9	25,5	25,4	26,2	24,3	25,4	26,8	27,8	24,5	24,3	24,9	27,7	23,8	24,6	23,7	23,2	23,6	21,8	20,3	19,7									
60—70	28,8	24,9	26,1	27,1	25,8	26,1	27,7	29,2	—	26,1	26,4	28,7	25,5	25,1	24,3	21,4	24,8	21,0	19,9	20,0									
70—80	28,6	27,5	26,2	27,4	26,4	27,5	27,8	30,2	—	28,1	28,1	29,7	27,6	27,4	27,3	23,9	24,8	21,5	20,9	21,5									
80—90	30,4	26,2	27,4	28,4	27,4	29,0	28,9	30,2	—	28,8	27,6	30,7	28,7	29,4	27,3	24,7	25,2	21,7	22,3	23,2									
90—100	31,7	29,4	27,9	29,4	28,9	30,9	29,1	30,2	—	29,8	28,4	30,9	29,3	27,0	28,6	25,9	26,2	24,5	23,9	24,4									
100—120	32,3	—	31,5	—	27,2	—	28,4	30,9	—	—	29,1	31,2	—	—	—	27,9	—	25,4	24,4	25,0									
120—140	31,1	—	30,8	—	30,5	—	30,0	30,9	—	—	29,9	31,3	—	—	—	27,2	—	27,1	25,0	25,1									
140—160	32,0	—	32,4	—	27,8	—	29,5	29,6	—	—	29,9	31,5	—	—	—	29,9	—	28,0	25,6	27,3									
160—180	32,9	—	30,6	—	31,4	—	31,4	—	—	—	30,3	31,1	—	—	—	28,9	—	23,9	25,1	26,5									
180—200	—	—	30,1	—	31,2	—	—	—	—	—	30,6	—	—	—	—	28,4	—	28,2	23,7	26,1									

$0,73 M_{III} = 0,73 \cdot 7000 = 5200 \text{ м}^3/\text{га}$ — для пятого, в котором проведены наблюдения. Следовательно, $1800 \text{ м}^3/\text{га}$ хлопчатник должен взять из запасов почвенной влаги и грунтовых вод. Но фактически при орошении по бороздам оросительной нормой 4740 и при дождевании нормой 1090 $\text{м}^3/\text{га}$ хлопчатник не испытывал угнетения от недостатка воды.

Таким образом, при дождевании хлопчатник использовал больше влаги из почвенных запасов, о чем свидетельствует сравнительно большее иссушение почвенного профиля, чем при бороздковом поливе (табл. 24).

Нормальное развитие и высокая урожайность хлопчатника как при оросительной норме 1090, так и при 4740 $\text{м}^3/\text{га}$ позволяют думать, что хлопчатник, кроме орошения и исходного запаса влаги, имел еще и дополнительный источник влаги за счет постоянного притока от грунтовых вод.

На Бухарской опытной станции, по наблюдениям Ф. Габдракипова, влажность почвы хлопкового поля учитывалась при орошении нормой 4000 $\text{м}^3/\text{га}$ и без орошения при глубине залегания грунтовых вод 130 см — в апреле и 170 см — в октябре. При этом влажность в апреле осреднена для всего участка, а в октябре дана отдельно по вариантам орошения.

Из табл. 24 видно, что потеря влаги метрового слоя при орошении нормой 4000 $\text{м}^3/\text{га}$ составила 3,56% за 167 дней, а без полива за тот же период — 7,46%, урожай хлопка соответственно 33 ц/га и 14 ц/га.

Следовательно, хлопчатник без полива в условиях Бухары испытывает существенное водное голодание. Это происходит вследствие меньшей капиллярной подачи в условиях слоистого сложения слоя аэрации в Бухаре по сравнению с капиллярной подачей в однородных суглинках Голодной степи, но большей, чем на Федченко, с утяжеляющимся механическим составом в нижней части слоя аэрации.

Таким образом, по условиям влажности почвы в однородных суглинках Голодной степи залегание грунтовых вод на глубине 1—2 м позволяет выращивать хлопчатник без вегетационных поливов или при 1—2 поливах за сезон очень малыми нормами. При этом засоление почв сильно повышается.

Капиллярный подток

Различия в высоте и скорости капиллярного подтока от грунтовых вод в зону корнеобитания подтверждаются и лизиметрическими опытами, проведенными в системе СоюзНИХИ на Пахтааральской и Центральной мелиоративной опытных станциях в Голодной степи (И. К. Киселева), на Федченковской — в Ферганской долине (Н. С. Сурминский), Бухарской (Н. И. Курылева), а также Узбекским гидрогеологическим трестом в Хорезме (Ф. Рахимбаев) и в совхозе «Малик» (И. С. Алимов).

В табл. 25 приведены усредненные за ряд лет данные суммарного водопотребления хлопчатника и люцерны, а также водопотребление за счет орошения и капиллярного подтока от грунтовых вод, залегающих на постоянной глубине: 1, 2 и 3 м от поверхности земли. Самое высокое водопотребление при глубине грунтовых вод 1 м имеет место в условиях Пахтааральской опытной станции. По этим усредненным данным суммарное водопотребление хлопчатника при глубине грунтовых вод 1 м в совхозе

Таблица 25

Использование грунтовых вод ($\text{м}^3/\text{га}$) хлопчатником и люцерной в зависимости от глубины их залегания

Культура	1 м				2 м				3 м			
	общие затра- ты	в том числе		% грун- товой	общие затра- ты	в том числе		% грун- товой	общие затра- ты	в том числе		% грун- товой
		ороси- тель- ной	грун- товой			ороси- тель- ной	грун- товой			ороси- тель- ной	грун- товой	
Пахтааральская опытная станция												
Хлопчатник	11670	1950	9120	78,2	5990	3770	1625	27,5	5270	4500	194	3,7
Люцерна	20500	3530	15700	76,5	16700	5500	10390	62,2	9570	7450	1316	13,8
Бухарская опытная станция												
Хлопчатник	9670	4900	4370	45,2	8370	6800	1150	13,7	7470	7140	114	1,5
Люцерна	16450	8250	7320	44,5	17242	10000	6750	39,1	13630	11000	2165	15,9
Федченковская опытная станция												
Хлопчатник	6320	4270	1387	21,9	4095	3150	226	5,5	—	—	—	—
Люцерна	9320	6000	2677	28,7	6800	6140	33	0,48	4239	5250	—381	0,0
Хорезмская область*												
Хлопчатник	7394	4031	3363	45,5	8198	6000	2198	26,8	17164	16850	314	1,9

* Данные за 1959—1960 гг.

«Пахтаарал» достигало $11670 \text{ м}^3/\text{га}$, в Бухаре— 9670 и на Федченко— $6320 \text{ м}^3/\text{га}$, т. е. в одинаковых условиях залегания грунтовых вод (1 м), если принять условия Пахтааральской опытной станции за 100%, в Бухаре общее водопотребление снижается до 83%, на Федченковской опытной станции до 54,3%. При этом в условиях «Пахтаарала» расходовалось $9120 \text{ м}^3/\text{га}$ грунтовых вод, в Бухаре— 4370 , а на Федченко— $1387 \text{ м}^3/\text{га}$.

Если потребление грунтовых вод хлопчатником выразить в процентном отношении от величины в «Пахтаарале», где при глубине грунтовых вод 1 м они составляют 78,2% в общем водопотреблении хлопчатника, то в Бухаре оно будет равно 45,2% суммарного и 48% потребления грунтовых вод в «Пахтаарале». На станции Федченко грунтовые воды составляют лишь 21,9% суммарного и 15,2% расхода их в совхозе «Пахтаарал». Эти цифры

подтверждают различия в условиях капиллярного подтока от грунтовых вод в зависимости от сложения почвенного профиля. В условиях лизиметрического опыта исключен фактор напорности грунтовых вод и действует лишь фактор, определяемый водно-физическими свойствами почвенного профиля, т. е. механическим составом слоев, слагающих профиль, и их чередованием, что отмечал И. Н. Фелициант (1962, 1971), а также фактор засоления почвы. Степень же засоления определяется не только минерализацией, но и глубиной залегания грунтовых вод, причем минерализация грунтовых вод при достаточном орошении переходит в группу второстепенных факторов.

Капиллярный подъем воды во влажной почве П. А. Летунов рассматривает как передвижение жидкости в капиллярной трубке, пользуясь законом Пуазейля.

$$Q = \frac{\pi PR^4}{8\eta L},$$

из которого следует, что расход жидкости в капилляре пропорционален его радиусу R в четвертой степени и гидростатическому давлению P , обратно пропорционален длине капилляра h и вязкости жидкости L . При небольшой высоте подъема в бесструктурной почве он считает возможным пользоваться законом Дарси

$$Q = kIF \text{ см/сек.}$$

или

$$v = \frac{Q}{F} = kJ \text{ см/сек.}$$

k — коэффициент фильтрации;

J — гидростатический градиент.

На основании этих законов Летунов делает выводы: 1) капиллярное поднятие воды и накопление солей тем больше, чем ближе уровень воды к поверхности; 2) скорость подъема тем больше, чем грубее механический состав, а высота подъема при этом меньше; 3) увеличение скважности при одном и том же механическом составе должно уменьшать скорость капиллярного подъема; 4) во влажной почве скорость больше, чем в сухой, так как во влажной почве часть пор уже заполнена водой.

Поскольку лессовидные суглинки Голодной степи всегда увлажнены, то расход грунтовых вод на испарение вполне согласуется с выводами П. А. Летунова.

Анализируя потребление грунтовых вод хлопчатником, следует рассмотреть его в динамике за ряд лет и сопоставить с урожайными данными. В этом отношении очень показательны данные наших лизиметрических исследований на Пахтааральской опытной станции, которые в первые годы были проведены при очень слабой минерализации грунтовых вод (1,6—1,7 г/л по плотному остатку).

В табл. 26 приведены данные общего водопотребления хлопчатника за вегетационный период (IV—IX), а также ороситель-

Динамика использования различных видов воды хлопчатником ($\text{м}^3/\text{га}$) за вегетационный период в зависимости от глубины залегания грунтовых вод

Год	Величина атм. осад- ков за IV—IX	При глубине грунтовых вод										Минерализация грунтовых вод, средняя за ве- гетацион. пери- од IV—IX		
		1 м			2 м			3 м						
		ороси- тельной	грун- товой	всего	% грун- товой	ороси- тельной	грун- товой	всего	% грун- товой	ороси- тельной	грун- товой		всего	% грун- товой
Пахтааральская опытная станция (И. К. Киселева)														
Оборот пласта, 1950	250	2014	14500	16764	86,5	4066	3209	7525	42,6	5315	331	5896	5,6	1,6—1,7 з/л
3-й год распашки, 1951	498	1600	11342	13140	84,5	2715	2047	5260	39,0	3400	248	4146	6,0	"
Пласт, 1952	939	1179	5875	7993	73,6	3065	1393	5397	25,8	4136	293	5368	5,5	"
Оборот пласта, 1953	667	1500	7457	9624	77,5	2775	2893	6335	45,7	2860	280	3807	7,3	"
3-й год распашки, 1954	581	2850	6172	9603	64,0	2850	1123	4554	21,7	3150	193	3923	4,9	6—8
(Данные Н. Ф. Беспалова)														
Пласт, 1955	536	1718	3679	5933	62,0	5700	364	6600	5,5	5700	260	6496	3,7	3—4 з/л
Оборот пласта, 1956	787	2900	9405	13093	72,0	4700	300	5787	5,2	6000	1290	5497	0	"
Бухарская опытная станция (Н. И. Курьева)														
Хл. 1, 1952	309	7000	4736	12045	39,4	7000	2196	9505	23,1	7000	—217	7092	0	
2, 1953	678	6600	4320	11598	37,2	7000	1043	8721	11,9	7000	—254	7424	0	
3, 1954	288	4114	4583	8985	51,1	5400	1335	7023	19,0	6385	253	6926	3,6	
4, 1955	271	3200	5639	9110	61,8	6300	941	7512	12,6	6300	317	6888	4,6	5—8 з/л
5, 1956	528	3500	2576	6604	38,9	8300	240	9068	2,6	9000	—513	9015	0	"
Федченковская опытная станция.														
Переменный уровень (Н. С. Сурминский)														
Хл. 2, 1951	480	3100	3957	7537	52,5	3100	469	4039	11,6	4900	—776	4605		
3, 1952	959	3200	3847	8006	48,0	3200	—17,0	4142	0	2900	14	3873		
1, 1953	569	4240	—57	4751	0	—	—	—	—	—	—	—		
2, 1954	865	4300	—68	4897	0	—	—	—	—	—	—	—		
3, 1955	540	4044	1039	5623	18,5	—	—	—	—	—	—	—		
4, 1956	577	6730	—207	7100	0	—	—	—	—	—	—	—		

Примечание. Знак минус указывает на пополнение запаса грунтовых вод за счет инфильтрации поливной воды

ные нормы и величина использования грунтовых вод. При глубине грунтовых вод 1, 2 и 3 м и слабой их минерализации (1950—1952 гг.) водопотребление хлопчатника снижается с каждым годом, и в основном это снижение происходит за счет уменьшения использования грунтовых вод. В соответствии с ротацией севооборота в «Пахтаарале» в 1950 г. хлопчатник выращивался по обороту пласта люцерны, в 1951 г. по третьему году распашки

Т а б л и ц а 27

Урожайность хлопчатника и люцерны (ц/га) при разной глубине грунтовых вод (м) по данным лизиметрических опытов в ротации севооборота

Год	Год распашки пласта лю- церны в Бухаре и „Пахта- арале“	„Пахтаарал“			Бухара			Федченко			Год распашки пласта лю- церны на Федченко
		1	2	3	1	2	3	1	2	пере- мен. уровень	
Хлопчатник											
1950	2	113,8	56,3	58,7							
1951	3	105,2	41,7	32,4				69,2	31,2		1
1952	1	59,2	32,5	29,3	77,4	36,2	42,2	67,4	28,2		2
1953	2	66,5	42,9	29,9	94,7	54,6	44,8	11,5			1
1954	3	61,9	32,0	31,8	54,7	46,6	53,2	23,0			2
1955	1	18,5	48,5	38,8	51,3	40,9	42,9	26,8	29,8	34,8	3
1956	2	—	—	—	28,2	64,7	65,0	35,8			4
Люцерна											
1950	2	333,6	427,0	72,0							
1951	3	186,0	324,0	197,0	167,6	92,1	76,7				1
1952	1	182,0	146,0	141,0	389,2	240,5	222,5	138,8	100,5	97,4	2
1953	2	412,2	413,2	195,6	354,0	253,0	223,5	91,4	46,7		1
1954	3	357,4	231,5	219,6	118,5	87,0	79,9	163,5	138,1		2
1955	1	227,2	213,9	94,2	166,6	274,1	225,8	178,9	113,9	203,9	3
1956	2				132,2	249,4	151,9	134,0	130,7		4

пласта, в 1952 г. по пласту люцерны, в 1953 г. по обороту пласта и в 1954 г. по третьему году распашки.

Однако пласт люцерны первого периода взят с полевого участка и заложен в лизиметры, а пласт люцерны второго периода создан уже в лизиметрах при той же слабой минерализации грунтовых вод.

Урожай люцерны при глубине грунтовых вод 1 м были очень высокими (табл. 27). По пласту такой люцерны в полевых условиях обычно бывают очень высокие урожаи хлопка. Однако в условиях лизиметра мы получили снижение урожая хлопка-сырца по сравнению с оборотом и третьим годом распашки в первый период опыта.

При сравнении двух оборотов пласта во второй период потеря урожая хлопка-сырца составила 41,5%, а по третьему году распашки пласта 41,3%.

При глубине грунтовых вод 2 м во все годы выращивания хлопчатника урожайность его была значительно ниже, чем при глубине 1 м. Колебания же урожаев по годам ротации и от ротации к ротации севооборота здесь не имеют таких скачков, как при глубине грунтовых вод 1 м: снижение урожая во второй период по обороту пласта—23,8%, по третьему году его распахки—23,2%.

Третий период ротации при повышении минерализации грунтовых вод до 4—8 г/л (1954) в «Пахтаарале» ознаменовался резким падением урожая хлопка по пласту люцерны—до 18,5 ц/га, хотя распаханный пласт люцерны обеспечил урожай сена за 3 года ее выращивания 951,6 ц/га (табл. 27). При глубине грунтовых вод 2 м пласт люцерны был беднее, так как урожай сена за 3 предшествовавших года здесь был всего 790,7 ц/га.

Урожай же хлопка при глубине грунтовых вод 2 м по пласту люцерны оказались в 2,6 раза выше, чем при глубине 1 м. При глубине грунтовых вод 3 м в третий период пласт люцерны обеспечил повышение урожая по сравнению со вторым периодом и по сравнению с глубиной грунтовых вод 1 м в 2,1 раза, несмотря на то, что урожай сена люцерны за 3 предшествующих года при этой глубине был наименьшим из всех трех глубин—556,2 ц/га.

Таким образом, только при глубине грунтовых вод 2 и 3 м люцерна выполнила свою основную роль повышения плодородия почвы.

Снижение урожаев хлопка-сырца от ротации к ротации севооборота и особенно по пласту люцерны при глубине грунтовых вод 1 м мы объясняем большим потреблением грунтовых вод люцерной, что сопровождается усилением реставрации засоления почвенного профиля.

В первой серии наших лизиметрических опытов в «Пахтаарале» только 2 раза была определена степень засоления почвенного профиля в лизиметрах—10. X 1950 г. и 19. X 1951 г. при минерализации грунтовых вод 1,6—1,7 г/л по плотному остатку (табл. 28).

Из табл. 28 видно, что, во-первых, при глубине грунтовых вод 3 м от поверхности земли почвенный покров в исходном состоянии был повышенно засоленным*, что, по-видимому, и явилось причиной низких урожаев при этой глубине залегания грунтовых вод. Во-вторых, при глубине грунтовых вод 1 м под хлопчатником идет интенсивный процесс засоления почвы, при глубине 2 м засоление верхнего метра можно считать стабильным, а во втором идет заметное рассоление; при глубине 3 м рассоление идет по всему профилю. Под люцерной при всех глубинах отмечено засоление верхнего метра и рассоление более глубоких слоев за счет транзитного перемещения грунтовых вод слабой минерализации.

* Лизиметры с глубиной грунтовых вод 3 м были заложены на год позже остальных, а грунт, закладываемый в них, был взят с соседней площадки, которая в течение года не орошалась.

На Бухарской и Ферганской опытных станциях с понижением уровня грунтовых вод не наблюдалось такого резкого падения урожаев хлопка, которое происходило в «Пахтаарале». При повышенной минерализации грунтовых вод на этих двух станциях урожаи были выше при глубоком залегании грунтовых вод и меньше при близком их залегании (табл. 27). Это положение, по-видимому, объясняется более однородной степенью засоления почв при всех глубинах грунтовых вод на этих двух станциях и меньшей величиной капиллярного подтока.

Ни в Фергане, ни в Бухаре никогда не наблюдалось таких высоких урожаев хлопка-сырца при глубине грунтовых вод 1 м, как в «Пахтаарале», и вместе с тем оросительные нормы на этих станциях при глубине грунтовых вод 1 м не были ниже 3100—3200 м³/га, в то время как в «Пахтаарале» самая высокая норма была 2900 м³/га, а в большинстве случаев в пределах 1179—1700 м³/га, обеспечивая возможность получения урожаев более 100 ц/га в первые годы исследований и 80—66 ц/га — в последующий период (в пересчете с лизиметра).

Все это свидетельствует об исключительно высоком капиллярном подтоке от грунтовых вод в условиях Голодной степи и значительно меньших его величинах в Бухаре и на Федченко.

Таблица 28

Изменение степени засоления почвенного профиля по хлору в лизиметрах в зависимости от глубины грунтовых вод (данные И. К. Киселевой)

Почвенный слой, см	Хлопчатник						Люцерна						Приращение засоления (±) хлопчатника/люцерны		
	1 м		2 м		3 м		1 м		2 м		3 м		1 м	2 м	3 м
	1950	1951	1950	1951	1950	1951	1950	1951	1950	1951	1950	1951	+0,001	+0,005	+0,015
Оросительная норма, м ³ /га	1600		2715		3400		2626		2000		3560		+0,020	-0,001	-0,037
0—100	0,016	0,036	0,020	0,019	0,056	0,019	0,012	0,013	0,017	0,0221	0,059	0,074	+0,001	+0,005	+0,015
100—200			0,015	0,007	0,053	0,022			0,007	0,0041	0,056	0,045		-0,008	-0,031
200—300					0,082	0,024					0,071	0,051		-0,003	-0,011
															-0,058
															-0,020

В условиях Ферганской опытной станции вместо глубины грунтовых вод 3 м был переменный уровень, соответствующий их естественному режиму на территории опытной станции, дренированной системой мелкого (1,50—1,80 м) открытого дренажа.

Понижение грунтовых вод до 2 м вызвало снижение урожая (табл. 27) только по пласту и обороту пласта люцерны, созданного не в лизиметрах, а на поле. Распашка пластов, созданных в лизиметрах, показала явное преимущество залегания грунтовых вод глубже 1 м. При глубине грунтовых вод 1 м самый низкий урожай получен по пласту люцерны — 11,5 ц/га, и повышался он с каждым годом по мере удаления от года распашки, достигнув максимума (35,8 ц/га) по четвертому году.

Иными словами, урожайность хлопчатника возрастала по мере опреснения почвенного слоя от засоления, созданного повышенным использованием грунтовых вод люцерной (табл. 26, рис. 16).

Более четко различия в расходах грунтовых вод хлопчатником при глубине их залегания 1 м видны на рис. 16. В Голодной степи («Пахтаарал») до посева люцерны хлопчатник расходовал 11342 м³/га за один вегетационный период (IV—IX), а после трехлетнего стояния люцерны с расходом грунтовых вод в вегетационный период (IV—X) в первый год—11243, во второй—18662 и в третий—18096 м³/га, т. е. за три вегетационных периода 48001 м³/га, расход их хлопчатником за год снизился до 3679 м³/га, т. е. в три с лишним раза по сравнению со вторым годом первой ротации (рис. 16, а).

По Ферганской и Бухарской опытным станциям использование грунтовых вод хлопчатником во много раз меньше, чем в «Пахтаарале». Но после посева люцерны в Бухаре оно осталось примерно на том же уровне (рис. 16, б), что и до посева люцерны, а на Федченко два года грунтовые воды не использовались, а на третий год расходовались в количестве 1000 м³/га.

Использованию грунтовых вод на Ферганской опытной станции могло препятствовать повышенное засоление. Большие оросительные нормы (от 3100 до 4000 м³/га) нельзя считать препятствием для расхода грунтовых вод, так как в 1955 г. при той же норме они расходовались. Такие же оросительные нормы в Бухаре (табл. 26) обуславливали расход грунтовых вод хлопчатником в количестве от 2576 до 5639 м³/га при минерализации их 5—7 г/л по плотному остатку.

При рассмотрении водопотребления на единицу хлопка-сырца на Пахтааральской опытной станции видна четкая зависимость снижения затрат воды как по суммарному количеству, так и по грунтовой воде при заглублении уровня воды до 3 м в течение 5 лет из 6. Исключение составляет лишь 1952 г. В 1951 г. общие затраты воды при глубине грунтовых вод 3 м на 0,2 м³/ц превысили затраты их при глубине грунтовых вод 1 м (табл. 29).

На Бухарской опытной станции наименьшие затраты воды на 1 ц хлопка-сырца в течение 2 лет из 5 получены при глубине грунтовых вод 1 м и в трех случаях при глубине их залегания 3 м. Глубина грунтовых вод 2 м характеризуется относительно высокими затратами, что, вероятно, обусловлено необоснованно вы-

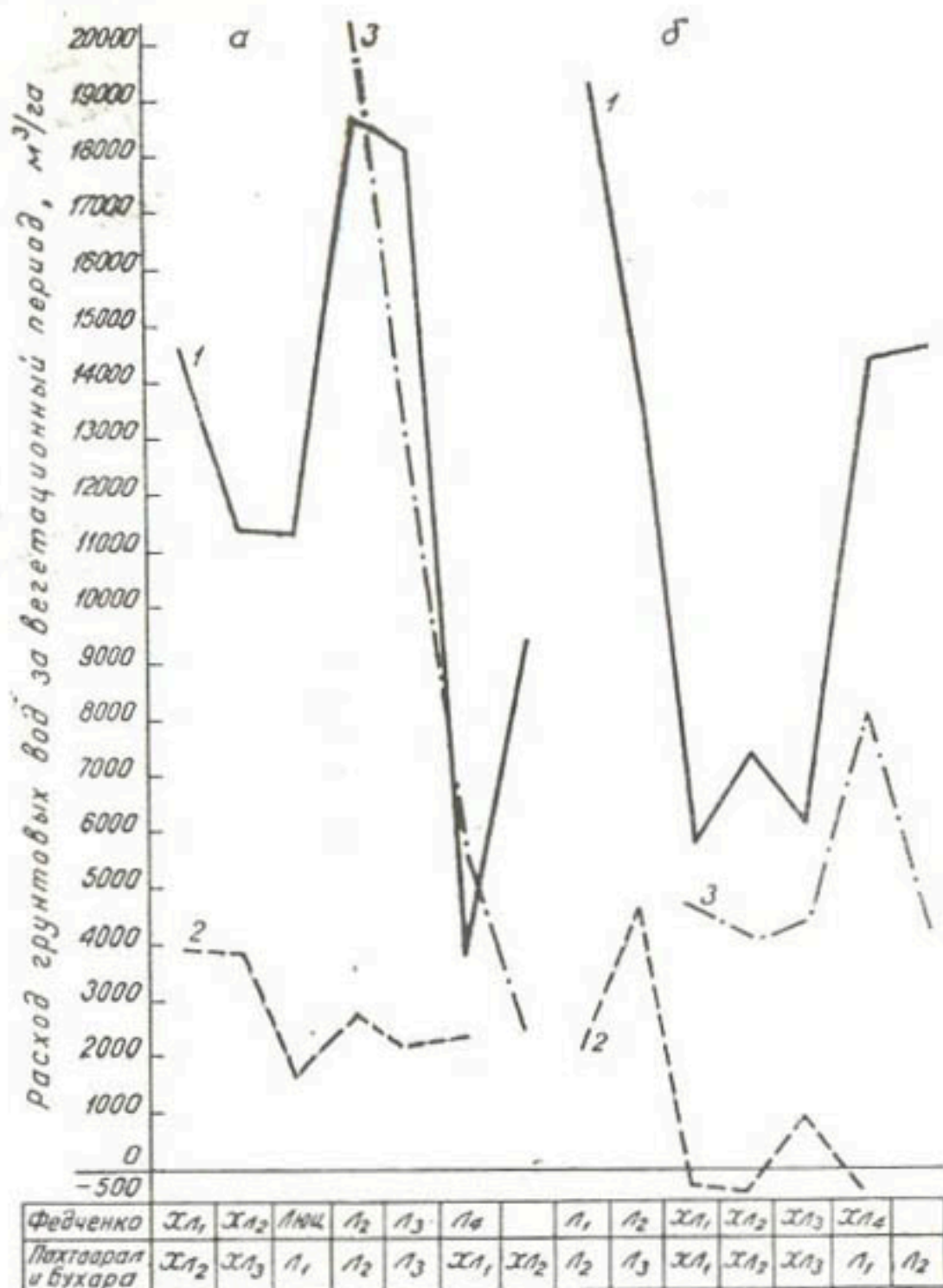


Рис. 16. Использование грунтовых вод хлопчатником (а) и люцерной (б) в течение ротации севооборота.

1—в совхозе „Пахтаарал“, 2—на ст. Федченко, 3—в Бухаре.

сокими оросительными нормами при этой глубине во все годы исследований, кроме 1954 г., когда оросительная норма была меньше, чем при глубине 3 м.

Во всяком случае, затраты на 1 ц урожая свидетельствуют о том, что глубина залегания грунтовых вод, даже слабо минера-

лизованных, влияет на величину оросительной нормы для хлопчатника. Ее нельзя чрезмерно снижать и чрезмерно завышать.

Метеорологические факторы не влияют на водопотребление хлопчатника. Это особенно наглядно проявляется при близком залегании грунтовых вод.

В самом деле, если водопотребление хлопчатника рассчитать методом В. Р. Шредера (1970) по испаряемости (табл. 30), то

Таблица 29

Расход воды на 1 ц хлопка-сырца, $\text{м}^3/\text{ц}$

Год	Год распашки пласта в Пахтаарале* и Бухаре	Пахтаарал*			Бухара			Федченко		Год распашки пласта на Федченко
		1 м	2 м	3 м	1 м	2 м	3 м	1 м	2 м	
1950	2	$\frac{147,5}{117,5}$	$\frac{134,8}{57,0}$	$\frac{100,3}{5,6}$						
1951	3	$\frac{127,8}{107,8}$	$\frac{126,0}{49,0}$	$\frac{128,0}{7,7}$				$\frac{109,0}{57,0}$	$\frac{129,5}{15,3}$	
1952	1	$\frac{135,0}{99,0}$	$\frac{166}{42,8}$	$\frac{183,0}{10,0}$	$\frac{155,6}{61,1}$	$\frac{263,0}{60,6}$	$\frac{168,0}{0}$	$\frac{119,0}{57,2}$	$\frac{147,0}{0}$	2
1953	2	$\frac{145,0}{112,5}$	$\frac{147,8}{67,4}$	$\frac{127,5}{9,4}$	$\frac{122,0}{45,5}$	$\frac{160}{19,1}$	$\frac{166,0}{0}$	$\frac{413,0}{0}$		1
1954	3	$\frac{155,5}{99,5}$	$\frac{142,5}{32,0}$	$\frac{123,5}{6,2}$	$\frac{164,0}{83,8}$	$\frac{151,0}{28,6}$	$\frac{130,2}{4,8}$	$\frac{213,0}{0}$		2
1955	1	$\frac{321,0}{199,0}$	$\frac{136,5}{7,5}$	$\frac{116,0}{6,7}$	$\frac{178,0}{110,0}$	$\frac{184,0}{23,0}$	$\frac{160,6}{0}$	$\frac{210,0}{38,8}$		3
1956	2				$\frac{231,0}{91,3}$	$\frac{140,5}{3,7}$	$\frac{139,0}{0}$	$\frac{197,0}{0}$		4

Примечание. В числителе — всего, в знаменателе — грунтовой.

наибольшие оросительные нормы требуются в районе Бухарской опытной станции, самые меньшие — для района Пахтааральской опытной станции. Однако оросительная норма для третьего гидромодульного района (с глубиной грунтовых вод более 3 м в суглинистых и глинистых почвах) в Пахтаарале только на $100 \text{ м}^3/\text{га}$ меньше, чем в районе ст. Федченко, в седьмом гидромодульном районе (те же почвы с глубиной грунтовых вод 1—2 м) эта разница сокращается до $50 \text{ м}^3/\text{га}$.

По Хорезмской опытной станции водопотребление хлопчатника в III гидромодульном районе выше, чем в Пахтаарале и Федченко, на $400\text{—}300 \text{ м}^3/\text{га}$, но значительно (на $1100 \text{ м}^3/\text{га}$) ниже, чем в Бухаре.

Из табл. 25 видно, что вопреки всем метеорологическим факторам при глубине залегания грунтовых вод 1 м от поверхности земли самое высокое водопотребление наблюдается в «Пахтаарале»—11670 м³/га у хлопчатника и 20500 м³/га у люцерны. Наименьшим оно оказалось в районе станции Федченко, а Бухарская опытная станция заняла промежуточное положение. Но высокое потребление этих культур в Голодной степи удовлетворяется в основном за счет грунтовых вод (на 78,2% для хлопчатника и 76,5% для люцерны).

С заглублением уровня грунтовых вод потребление их и общее водопотребление снижается по всем опытным станциям, но доля грунтовых вод в водопотреблении сельскохозяйственных

Т а б л и ц а 30

Оросительная норма, вычисленная методом В. Р. Шредера

Пункт наблюдения	Среднее за вегетационный период			Оросительная норма по гидромодульным районам, м ³ /га		
	t°	осадки, мм	относит. влажн. воздуха, %	III	V	VII
Бухара (Каган)	24,4	29,5		8200	6000	4800
Федченко	22,0	58,4	55,0	6800	5000	3950
«Пахтаарал»	21,6	61,7	62,0	6700	4900	3900
Ургенч	21,9	22,0	42	7100	5200	4100

культур, выращиваемых в Голодной степи, остается самой высокой по сравнению со всеми остальными зонами.

Высокое водопотребление хлопчатника и люцерны в Голодной степи обусловлено хорошей водообеспеченностью за счет капиллярного подтока. С. М. Алпатьев (1966) считает, что основой водопотребления сельскохозяйственных культур является их транспирация и испарение с поверхности почвы, которые определяются такими физическими факторами, как солнечная радиация, температура и влажность воздуха, ветер и др. Суммарное испарение с поверхности почвы, кроме того, определяется еще ростом и развитием растений, а также состоянием и степенью увлажнения почвы под растительным покровом. В нашем случае последний фактор является одним из главных параметров водопотребления.

Сокращение оросительных норм с приближением грунтовых вод к поверхности земли имеется в виду восполнить за счет подпитывания от грунтовых вод. При этом для зоны устойчиво неглубокого залегания грунтовых вод в поясе светлых сероземов при глубине грунтовых вод от 2 до 3 м по В. Р. Шредеру коэффициент пересчета равен 0,73, а для глубины от 1 до 2 м—0,58.

По нашим лизиметрическим исследованиям на Пахтааральской опытной станции СоюзНИХИ он равен 0,53 (в среднем за 7 лет) для глубины 1—2 м и 0,85 для глубины 2—3 м.

В районе Бухарской опытной станции участие грунтовых вод в создании урожая хлопка-сырца при глубине грунтовых вод 1—2 м снижается до 29%, т. е. коэффициент пересчета следует повысить с 0,58 до 0,71, а для глубины 2—3 м—до 0,93. Эти коэффициенты определены из фактического потребления различных видов воды хлопчатником по лизиметрическим опытам (табл. 25).

В условиях однородного сложения крупнопылеватых лессовидных суглинков Голодной степи хлопчатник и, в особенности, люцерна могут использовать грунтовые воды в процессе жизнедеятельности с глубины до 3—4 м, причем использование грунтовых вод растительностью тем больше, чем ближе они залегают к поверхности и чем слабее их минерализация. Это положение установлено лизиметрическими исследованиями в «Пахтаарале», на ЦОМС и подтверждается полевыми опытами И. М. Поповой (1949), Н. П. Ефименко (1950, 1951), А. Ходжиханова (1959), Т. Токмурзаева (1964—1967).

Большая высота и скорость капиллярного подтока в Голодной степи позволяют в отдельные годы получать урожай 32—36 ц/га без полива (Ходжиханов) или при одном поливе (Ефименко, табл. 20).

Капиллярный подток обуславливал и получение высоких урожаев хлопка-сырца при дождевании малыми нормами на территории совхоза «Пахтаарал».

На других опытных станциях СоюзНИХИ, расположенных на землях с другим механическим составом и литологическим строением слоя аэрации, варианты опыта без полива хлопчатника не дают таких высоких урожаев хлопка-сырца, как в Голодной степи. Так, Ф. Габдракипов (1971) при глубине залегания грунтовых вод 1,4—1,7 м в Бухаре получил урожай хлопка-сырца 14,5 ц/га, при глубине 2,2—2,4 м—от 9,3 до 11,5 ц/га, а при глубине 3—3,3 м—всего 6,2 ц/га.

При этом в «Пахтаарале» на варианте без полива иссушен только верхний слой почвы мощностью 10 см, в Бухаре—60 см (рис. 15). Такое слабое иссушение почвы без полива и высокий урожай хлопка на отдельных опытах, а затем и в целом по совхозу «Пахтаарал» подкупили простотой агротехники и низкой себестоимостью продукции не только производителей, но даже весьма солидных ученых, которые стали пропагандировать луговой процесс почвообразования как наиболее экономичный.

Наиболее стойкими противниками поддержания близкого залегания грунтовых вод в Голодной степи оставались Б. В. Федоров и А. Ф. Сляднев. Они считали, что ведение хозяйства при близком залегании грунтовых вод в Голодной степи равносильно балансированию на острие ножа, так как при этом требуется

особенно четкое выполнение всех агротехнических приемов как в вегетационный, так и в невегетационный периоды.

И в самом деле, в условиях травопольно-хлопкового севооборота на ЦОМС Э. А. Лифшиц (1957 г.) на опытном участке (24 га) получала урожай хлопка-сырца от 40 до 50 ц/га. Это в то время, когда общая площадь посевов хлопчатника на станции не превышала 25—30 га, а вся посевная площадь на дренируемом участке (162 га) была 60—70 га.

Теперь на том же дренируемом участке площадь хлопчатника 100 га, вся дренируемая территория занята посевами при возросшей средней нагрузке посевной площади на человека с 3 до 10 га. Урожай хлопка снизились до 20—24 ц/га, а Голодная степь в целом характеризуется урожаями от 16 до 20 ц/га. При этом лучшее хозяйство Голодной степи — совхоз «Пахтаарал» — снизил урожайность хлопчатника с 35 ц/га в 1953—1954 гг. до 20—22 ц/га в 1968—1969 гг.

Большое использование грунтовых вод на создание урожая и испарение поверхностью почвы при близком их залегании приводит к колоссальному сезонному соленакоплению в корнеобитаемом слое. При этом для вымыва солей уже недостаточно атмосферных осадков, а чаще недостаточно и однократной промывки (3000 м³/га). Почва из года в год недопромывается, а в конечном итоге через 5—6 лет превращается в солончак. Это видно из полевых наблюдений на опытных станциях и в производстве, но сначала рассмотрим динамику расхода грунтовых вод и суммарное водопотребление по лизиметрическому опыту на ЦОМС.

Лизиметры на ЦОМС площадью 100×100 см были заложены по тому же принципу, что и в совхозе «Пахтаарал» и на других опытных станциях СоюзНИХИ, уже описанных в литературе (Киселева, 1957; Сурминский, 1962; Курылева, 1962).

Только в опытах на ЦОМС мы изучали одновременно различную глубину и минерализацию грунтовых вод с двухкратным в течение года определением засоления и влажности почвы в слое аэрации.

В табл. 31—35 показаны расходы различных видов воды хлопчатником и люцерной в лизиметрах при слабой и повышенной минерализации грунтовых вод в динамике; в табл. 32 — солесодержание в слое аэрации по метровым горизонтам в зависимости от глубины и минерализации грунтовых вод; в табл. 33 — урожайность культур, выращиваемых в лизиметрах при условиях, показанных в табл. 31, 32; в табл. 34 даны суммарные по годам затраты оросительной воды. В табл. 35, 36, 37, 38 приведены аналогичные данные по другой группе лизиметров, где сначала выращивалась люцерна, а затем хлопчатник.

Из табл. 31 видно, что при глубине грунтовых вод 1 м с повышением их минерализации с 1,5—2,5 до 4—4,5 г/л по плотному остатку и с 0,5 до 0,90—0,95 г/л по хлору расход грунтовых

Расходы различных видов воды хлопчатником и люцерной в зависимости от глубины залегания грунтовых вод
в лизиметрах в динамике, м³/га (ЦОМС СоюзНИХИ. Данные И. К. Киселевой)

Год	Период	1 м				2 м				3 м										
		Атмос- ферные осадки		№ 1		№ 3		№ 10		№ 11		№ 16		№ 17						
				оро- сит.	грунт.	всего	оро- сит.	грунт.	всего	оро- сит.	грунт.	всего	оро- сит.	грунт.	всего					
1964	I—IV	2302	0	-1221	1081	0	-653	1649	0	-1003	1399	0	-897	1405	0	-20	2292	0	-23	2279
	V—IX	375	2000	7438	9813	2000	6053	8428	3400	3645	7420	3400	4935	8710	3400	1530	5305	3400	2755	6530
	X—XII	326	0	540	866	0	540	866	0	800	1126	0	657	983	0	740	1066	0	902	1228
	3а год	3003	2000	6757	11760	2000	5940	10943	3400	3442	9845	3400	4695	11098	3400	2250	8653	3400	3634	10037
1965	I—IV	1430	1000	55	2485	3000	165	4595	0	5	1435	2000	-30	4400	0	365	1795	1500	165	3095
	V—IX	127	1200	6040	7367	1200	5356	6683	2000	2615	4742	0	2152	4279	2000	995	3122	2000	1880	4007
	X—XII	714	0	145	859	0	175	889	0	925	1639	5000	410	1124	0	650	1364	0	960	1674
	3а год	2271	2200	6240	10711	4200	5696	12167	2000	3545	7816	0	2532	9803	2000	2010	6281	3500	3005	8776
Хлопчатник																				
1966	I—III	1430	1200	-950	1680	1500	-1940	990	0	-180	1250	0	-250	1180	0	375	1805	0	35	1465
	IV—X	630	8000	14250	22880	8000	12890	21520	9300	5255	15185	10800	1955	13385	9400	2445	12475	10400	4170	15200
	XI—XII	270	0	240	510	0	280	550	0	620	890	0	245	515	0	510	780	0	795	1065
	3а год	2330	9200	13540	25070	9500	11230	23060	9300	5695	17325	10800	1950	15080	9400	3330	15060	10400	5000	17730
1967	I—III	1050	1500	-1250	1300	2000	-1775	1275	0	-45	1005	0	-115	935	0	485	1535	0	305	1355
	IV—X	2040	4800	17125	23955	4600	6510	13150	8700	16285	27025	10200	5640	17880	10800	9450	22290	10800	8905	21745
	XI—XII	746	0	-55	691	0	-300	446	0	485	1231	0	80	826	0	1010	1756	0	880	1626
	3а год	3836	6300	15820	25956	6600	4435	14871	8700	16725	29261	10200	5605	19641	10800	10945	25581	10800	10090	24726
1968			2000			3000			800			2300			500			500		
			3700			3300			4400			5400			6800			6800		
			0			0			0			0			0			0		
			5700			6300			5200			7700			7300			7300		
Люцерна																				

вод хлопчатником снижается за вегетационный период на 700—1500 м³/га.

Понижение грунтовых вод с 1 до 2 м с одновременным увеличением оросительной нормы в 1,7 раза при слабой минерализации грунтовых вод снижает их использование хлопчатником в 2 раза и более, а при повышенной минерализации—в 1,2—2,5 раза. Использование грунтовых вод хлопчатником уменьшается с каждым годом по мере повышения засоленности почвы (табл. 31, 32), а при выращивании хлопчатника после люцерны увеличивается с удалением от года распахки пласта (табл. 35). Исключение составляет лизиметр 19, где заметно повысилась засоленность всего слоя аэрации (табл. 36).

Понижение грунтовых вод до 3 м при той же оросительной норме, что и для глубины их залегания 2 м, увеличивает использование грунтовых вод хлопчатником до 30—47% от суммарного водопотребления.

В нашем пахтааральском опыте на грунтах среднесуглинистых по механическому составу (на ЦОМС легкие суглинки) при той же оросительной норме 3400 м³/га и минерализации грунтовой воды 1,6—1,7 г/л хлопчатник только 6% водопотребления удовлетворял грунтовыми водами, а при норме 2860 м³/га потребление грунтовых вод увеличивалось до 7,3% (табл. 26).

Следовательно, в легких суглинках высота и скорость капиллярного подтока выше, чем в средних. Люцерна, как и хлопчатник, резко снижает использование грунтовых вод с повышением их минерализации с 1,5—2,5 до 4—4,5 г/л по плотному остатку при глубине залегания 1—2 м.

При глубине залегания грунтовых вод 3 м минерализация в пределах от 1 до 4 г/л по плотному остатку не влияет на величину их потребления хлопчатником и люцерной (табл. 31). Здесь основную роль начинает играть уже степень засоления верхнего (корнеобитаемого) слоя почвы. Повышение содержания хлора в этом слое с 0,02 до 0,03—0,04% снижает потребление грунтовых вод почти в 2 раза даже при минерализации их около 1,0 г/л (табл. 31, 32).

Характерной особенностью лизиметрических опытов на ЦОМС по сравнению с опытами на Пахтааральской и других опытных станциях СоюзНИХИ первого периода исследований является двухкратное в течение года определение степени засоления почв и двухкратное в течение месяца определение минерализации грунтовых вод в лизиметрах. Эти анализы позволили поддерживать минерализацию грунтовых вод и соответственно степень засоления почв (с помощью промывок) в заданных пределах. Поэтому урожайность хлопчатника и люцерны по годам оказалась более выравненной в динамике (табл. 33, 35), чем в Пахтаарале. Одновременно уменьшились различия в годовых расходах оросительной воды, с учетом промывных норм, на выращивание хлопчатника и люцер-

ны при различных глубинах залегания грунтовых вод. Эти величины на единицу площади и единицу урожая по первой группе лизиметров показаны в табл. 34, по второй — в табл. 38.

Из табл. 34 видно, что глубина залегания грунтовых вод 1 м позволяет экономить оросительную воду только при минерализа-

Сезонное изменение содержания солей (в %) в слое аэрации
(данные

Год	Почвенный слой, см	1 м								2 м			
		№ 1				№ 3				№ 10			
		хлор		плотный остаток		хлор		плотный остаток		хлор		плотный остаток	
		весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень
Хлоп													
1964	0—100	0,031	0,042	1,090	0,982	0,048	0,098	1,250	1,213	0,028	0,056	0,037	1,230
	100—200									0,034	0,025	1,130	1,024
	200—300												
	Среднее	0,031	0,042	1,090	0,982	0,048	0,098	1,250	1,213	0,031	0,040	1,034	1,127
1965	0—100	0,022	0,039	0,581	0,784	0,033	0,068	0,594	0,840	0,030	0,059	0,786	0,811
	100—200									0,009	0,010	0,682	0,758
	200—300												
	Среднее	0,022	0,039	0,581	0,784	0,033	0,068	0,594	0,840	0,020	0,035	0,734	0,785
Люцер													
1966	0—100	0,029	0,044	0,995	0,832	0,038	0,073	0,897	1,167	0,056	0,052	0,880	1,132
	100—200									0,019	0,037	0,599	0,935
	200—300												
	Среднее	0,029	0,044	0,995	0,832	0,038	0,073	0,897	1,167	0,038	0,045	0,740	1,034
1967	0—100	0,026	0,078	1,174	1,222	0,067	0,112	1,165	1,372	0,016	0,046	0,918	1,007
	100—200									0,038	0,042	1,231	1,285
	200—300												
	Среднее	0,026	0,078	1,174	1,222	0,067	0,112	1,165	1,372	0,027	0,044	1,075	1,146
Средняя за вегетационный период													
1964		0,472		2,615		0,915		4,270		0,295		2,480	
1965		0,232		1,483		0,834		4,608		0,151		1,360	
1966		0,283		1,565		0,956		4,536		0,168		1,222	
1967		0,115		1,271		0,219		1,666		0,123		1,210	

ции грунтовых вод в пределах 1,5—2,5 г/л по плотному остатку и 0,11—0,47 г/л по хлору. Повышение минерализации до 4—4,5 г/л по плотному остатку и до 0,8—0,9 г/л по хлору сопровождается возрастанием расходов оросительной воды главным образом на промывные поливы, причем годовой расход оросительной воды при минерализации грунтовых вод 4—4,5 г/л приближается к расходу ее при глубине грунтовых вод 3 м (табл. 34).

При повышенной (4 г/л) минерализации грунтовых вод за 2 года исследований при глубине их залегания 1 м получен суммарный урожай хлопка 56,3 ц/га, при 2 м—60,8, при 3 м—91,2 (табл. 33); суммарный расход оросительной воды—соответственно 6200, 8400 и 6900 м³/га или 110, 138 и 76,0 м³/ц.

Т а б л и ц а 32

в зависимости от глубины залегания грунтовых вод в лизиметрах
И. К. Киселевой)

№ 11				3 м							
				№ 16				№ 17			
хлор		плотный остаток		хлор		плотный остаток		хлор		плотный остаток	
весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень
чатник											
0,044	0,126	1,013	1,190	0,032	0,035	0,705	0,674	0,019	0,063	0,774	1,325
0,046	0,047	0,840	1,709	0,016	0,012	0,504	0,478	0,029	0,034	0,968	0,900
				0,013	0,010	0,409	0,665	0,020	0,017	0,723	0,720
0,045	0,087	0,927	1,450	0,020	0,019	0,539	0,606	0,023	0,038	0,822	0,982
0,077	0,095	0,911	0,928	0,041	0,048	0,610	0,714	0,035	0,066	0,797	0,715
0,021	0,025	0,913	0,739	0,013	0,023	0,296	0,510	0,024	0,017	0,698	0,747
				0,011	0,019	0,359	0,446	0,016	0,013	0,468	0,310
0,049	0,060	0,912	0,834	0,022	0,030	0,422	0,557	0,025	0,032	0,654	0,591
на											
0,081	0,119	0,736	1,300	0,061	0,064	0,838	0,921	0,047	0,059	0,730	1,090
0,053	0,071	0,776	1,156	0,014	0,034	0,376	0,795	0,021	0,037	0,828	1,193
				0,009	0,012	0,362	0,404	0,012	0,019	0,727	0,947
0,067	0,095	0,756	1,228	0,028	0,037	0,525	0,707	0,027	0,038	0,762	1,073
0,044	0,089	1,012	1,286	0,019	0,034	0,906	0,869	0,027	0,033	0,631	0,752
0,048	0,058	0,870	1,246	0,059	0,049	0,902	0,733	0,059	0,066	0,796	0,894
				0,013	0,045	0,590	0,674	0,022	0,031	0,663	0,655
0,046	0,074	0,941	1,266	0,027	0,043	0,799	0,761	0,036	0,043	0,697	0,767
минерализация грунтовых вод, г/л											
0,820		4,105		0,277		1,693		0,578		3,070	
0,820		4,300		0,175		0,968		0,611		3,990	
0,876		4,141		0,216		1,088		0,665		3,171	
0,178		1,450		0,146		1,305		0,133		1,113	

Аналогичные нашим данным 1964 г. и суммарным за 2 года (1964—1965) получил в однолетнем лизиметрическом опыте М. С. Алимов (1967) в совхозе «Малик» (Голодная степь). В его опыте почвы были средnezасоленные, а минерализация грунтовых вод 3—5 г/л по плотному остатку.

Расход грунтовых вод уменьшался с понижением их уровня с 1 до 2 м, а урожай повышался при одинаковых оросительных нормах с 30,83 ц/га при глубине 1 м до 33,9 ц/га при 2 м.

Самый низкий урожай хлопка-сырца в 1965 г. в нашем опыте был в лизиметре при глубине 2 м (но в сумме за 1964—1965 г. был выше, чем при глубине 1 и ниже, чем при 3 м, табл. 33).

Т а б л и ц а 33

Динамика урожайности хлопчатника и фуражной люцерны в зависимости от глубины залегания грунтовых вод в лизиметрах, ц/га. Данные И. К. Киселевой

Год	1 м		2 м		3 м	
	№ 1	№ 2	№ 10	№ 11	№ 16	№ 17
Хлопчатник						
1964	36,1	26,3	45,3	43,1	42,9	45,3
1965	43,2	30,0	36,7	17,7	35,8	45,9
За 2 года	79,3	56,3	82,0	60,8	78,7	91,2
Люцерна						
1966	293,1	228,0	181,7	165,5	164,2	175,3
1967	428,5	179,6	460,5	292,2	386,5	346,8
1968*	429,2	166,2	424,4	388,9	414,9	392,5
За 3 года	1150,8	573,8	1066,6	846,6	965,6	814,6

* В 1958 г. опыт по нашей программе продолжила Р. Шайдуллина.

Т а б л и ц а 34

Суммарные затраты оросительной воды с учетом промывок. Данные И. К. Киселевой

Год	1 м				2 м				3 м			
	№ 1	№ 3	№ 10	№ 11	№ 16	№ 17	№ 10	№ 11	№ 16	№ 17	№ 10	№ 11
Хлопчатник												
1964	2000	55,5	2000	76	3400	75	3400	78,8	3400	79,2	3400	75,2
1965	2200	50,9	4200	140	2000	54,5	5000	282,0	2000	55,7	3500	76,2
За 2 года	4200	53,0	6200	110,0	5400	65,8	8400	138,0	5400	68,2	6900	75,5
Люцерна												
1966	9200	31,4	9500	41,7	9300	51,2	10800	65,2	9400	57,2	10400	59,3
1967	6300	14,7	6600	36,8	8700	18,9	10200	34,9	10800	27,9	10800	31,2
1968	5700	13,3	6300	37,9	5200	12,3	7700	19,8	7300	17,7	7300	18,6
Среднее		18,4		39,1		21,8		33,9		38,5		35,0

Примечание. Для каждого лизиметра в 1-й колонке — м³/га, во 2-й — м³/ц.

Понижение урожая до 17,7 ц/га в этом лизиметре обусловлено высоким содержанием иона хлора к моменту сева — 0,056% в слое 0—10 см и 0,076% в слое 0—100 см, которое явилось результатом недостаточной оросительной нормы в 1964 г., когда

при хорошем опреснении почвы перед посевом (0,011% в слое 0—10 см и 0,044% в слое 0—100 см) и оросительной норме 3400 м³/га был получен урожай 43,1 ц/га. Для накопления его хлопчатник дополнительно использовал 4935 м³/га грунтовой воды, что составило 56,5% общего водопотребления хлопчатника. Грунтовая вода в среднем за вегетационный период имела минерализацию по хлору 0,820 и по плотному остатку 4,105 г/л. Следовательно, выкачав 4935 м³/га грунтовой воды, хлопчатник должен был перекачать и соли в количестве 4,045 т/га хлора и 18,250 т/га плотного остатка. Часть этих солей, безусловно, была вынесена с урожаем*, но основная доля их осталась в почвенном профиле. При этом степень засоления по хлору первого метрового слоя повысилась с 0,044 до 0,126% и второго — с 0,046 до 0,047%, причем основная доля хлора скопилась в горизонте 0—10 см, а затем более равномерно — в слое 10—80 см.

В результате такого сильного засоления промывная норма 3000 м³/га под урожай 1965 г. оказалась недостаточной. Опреснение под ее воздействием было с 0,126 до 0,076% по хлору в 1-м и с 0,044 до 0,021% во 2-м метре почвенного профиля.

Следовательно, и при глубине залегания минерализованных грунтовых вод 2 м нужно было увеличить промывную норму в 2—2,5 раза или увеличить оросительную норму в предыдущий вегетационный период до 5—6 тыс. м³/га.

Под посев люцерны в 1966 г. этот лизиметр тоже не промывали, но атмосферными осадками был опреснен слой 0—10 см, что позволило получить удовлетворительные всходы и сравнительно хороший, хотя и меньший, чем при глубине грунтовых вод 3 м, урожай фуражной массы. Правда, для этого потребовалось увеличение оросительной нормы на 400 м³/га против глубины грунтовых вод 3 м и на 1300 м³/га—против глубины 1 м.

Таким образом, экономия оросительной воды на выращивание хлопчатника в 1964 г. сказалась на потерях его урожая в 1965 г. и урожаев фуража люцерны в 1966, 1967 и 1968 гг.

* Анализы листьев хлопчатника, выращенного в лизиметрах, сделанные А. Халиловой, позволяют считать, что содержание иона хлора в листьях повышается с повышением степени засоления почвы при одинаковой глубине залегания грунтовых вод. Но с заглублением грунтовых вод при значительно меньшей засоленности почвы содержание хлора в листьях увеличивается, что, по-видимому, связано с концентрацией почвенного раствора в зоне корнеобитания. Содержание же влаги в период бутонизации до полива в слое 0—20 см зависит от глубины грунтовых вод:

Номер лизиметра	Глубина гр. воды, м	Содержание хлора, %	
		в слое почвы 0—40 см	в листьях хлопчатника
13	2	0,030	1,33
15	2	0,023	0,83
18	3	0,008	1,37
19	3	0,010	1,47

Впервые в практике наших лизиметрических опытов на ЦОМС при глубине грунтовых вод 2 м урожай фуража люцерны был меньше, чем при глубине 3 м, но значительно больше, чем при глубине грунтовых вод 1 м.

В наших первых опытах на Пахтааральской опытной станции урожай люцерны при глубине грунтовых вод 1 м был ниже, чем при глубине 2 м на 3-й год стояния. Здесь он снизился уже во

Расход различных видов воды в лизиметрах ($\text{м}^3/\text{га}$) сельхозкультурами (данные

Год	Период	Атмос- ферные осадки	1 м						2 м		
			№ 5			№ 8			№ 12		
			оро- сит.	грунт.	всего	оро- сит.	грунт.	всего	оро- сит.	грунт.	всего
Люцерна									Кукуруза		
1964	I—III	1485	0	—523	962	0	—535	950	0	—693	792
	IV—IX	1192	4400	5578	11170	1400	4488	7080	2400	3145	6737
	X—XII	326	0	110	436	0	105	431	0	70	396
	За год	3003	4400	5165	12568	1400	4058	8461	2400	2522	7925
Кукуруза									Люцерна		
1965	I—III	1154	6000	—4020	3134	5000	—3855	2299	0	—355	799
	IV—X	595	1800	7275	9670	1800	4865	7260	6000	3130	9725
	XI—XII	522	0	—135	387	0	—95	427	0	—65	457
	За год	2271	7800	3120	13191	6800	915	9986	6000	2710	10981
Люцерна									Хлопчатник		
1966	I—IV	1600	1400	—1275	1725	2500	—1790	2310	3000	—280	4320
	V—X	460	7000	11750	19210	7000	9530	16990	7800	6460	14720
	XI—XII	270	0	235	505	0	380	650	0	405	675
	За год	2330	8400	10710	21440	9500	8120	19950	10800	6595	19715
1967	I—III	1050	1500	—1410	1140	2500	—420	3130	2800	—150	3700
	IV—X	2040	4800	12020	18860	4800	7355	14195	6400	9460	17900
	XI—XII	746	0	230	976	0	—95	651	0	90	836
	За год	3836	6300	10840	20976	7300	6840	17976	9200	9400	22436

2-й год на 48,4 ц/га против первого года стояния люцерны при глубине 1 м и на 112,6 ц/га против 2-го года стояния люцерны при глубине 2 м. На третий год выращивания люцерны при глубине грунтовых вод 1 м урожай ее еще понизился, а при глубине 2 и 3 м продолжал возрастать (табл. 35).

По урожайности выращиваемых культур и затратам оросительной воды на выращивание их, как при исчислении на единицу площади, так и при исчислении на единицу урожая, видно, что близкое залегание грунтовых вод в легко- и среднесуглинистых грунтах однородного сложения в северо-восточной части Голодной степи выгодно поддерживать только в том случае, когда они

не содержат токсичных для растений солей. При наличии солей доля участия грунтовых вод в создании урожая не должна превышать величины, соленакопление от которой будет удаляться атмосферными осадками и только в маловодные годы одним промывным поливом.

При минерализации грунтовых вод в пределах 0,5—1,0 г/л по хлору и 4—5 г/л по плотному остатку целесообразно поддерживать

Т а б л и ц а 35

при различной минерализации и глубине залегания грунтовых вод
(И. К. Киселевой)

2 м						3 м						Ат- мосф. осадки для № 13, 15, 18, 19
№ 13			№ 15			№ 18			№ 19			
оро- сит.	грунт.	всего	оро- сит.	грунт.	всего	оро- сит.	грунт.	всего	оро- сит.	грунт.	всего	
Люцерна												
0	—130	1355	0	—1823	—338	0	30	1515	0	—50	1435	1485
8000	15130	24322	8000	6529	15721	8000	9702	18894	8000	9987	19179	1192
0	155	481	0	100	426	0	165	491	0	120	446	325
8000	15155	26158	8000	4806	15809	8000	9897	20900	8000	10057	21060	3003
Люцерна												
0	—368	786	0	—500	654	0	—25	1129	0	—130	1024	1154
7000	10240	17835	7000	3465	11060	8000	6310	14905	8000	4995	13590	595
0	80	602	0	—45	477	0	75	597	0	45	567	522
7000	9952	19223	7000	2920	12191	8000	6360	16631	8000	4910	15181	2271
Хлопчатник												
1000	—810	1790	2000	—1925	1675	0	105	1705	1000	—170	2430	1600
5600	865	6655	4800	1125	6115	6400	2435	9025	6400	780	7370	190
0	555	1095	0	655	1195	0	690	1230	0	705	1245	540
6600	610	9540	6800	—145	8985	6400	3230	11960	7400	1315	11045	2330
2500	—1905	2905	1700	—980	3034	2000	—410	3904	2500	—870	3944	2314
2400	2735	5443	2400	1565	4273	2600	2750	5658	3000	475	3783	308
0	635	1889	0	285	1499	0	445	1659	0	445	1659	1214
4900	1465	10201	4100	870	8806	4600	2785	11221	5500	50	9386	3836

критический режим грунтовых вод с глубиной 1,5—2 м в мае и более 3 м в августе—сентябре. Этот режим диктуется потреблением грунтовых вод хлопчатником (рис. 17).

При более близком залегании грунтовых вод интенсифицируется процесс засоления почвенного профиля и возникает необходимость в ежегодных промывных поливах грузными нормами.

Засоление почвенного покрова до солончака от практически незасоленного состояния объясняется большой высотой и скоростью капиллярного подъема, который позволяет до 56% водопотребления хлопчатника удовлетворять за счет грунтовых вод при глубине их залегания 2 м, до 40% при глубине 3 м.

Этим пользуются хлопкоробы при большой нагрузке хлопковой площади на человека (до 10 га), так как хлопчатник в первый год его выращивания при недостаточном орошении дает высокие урожаи, а на следующий год без промывки на этом поле невозможно получить всходов.

Использование грунтовых вод хлопчатником от года к году уменьшается, а урожаи катастрофически падают.

При выращивании хлопчатника после люцерны (табл. 35, 36, 37, 38) затраты оросительной воды на единицу площади увеличились почти в 3 раза (табл. 34, 38) в основном за счет промывных поливов для вымыва солей, накопившихся в период выращивания

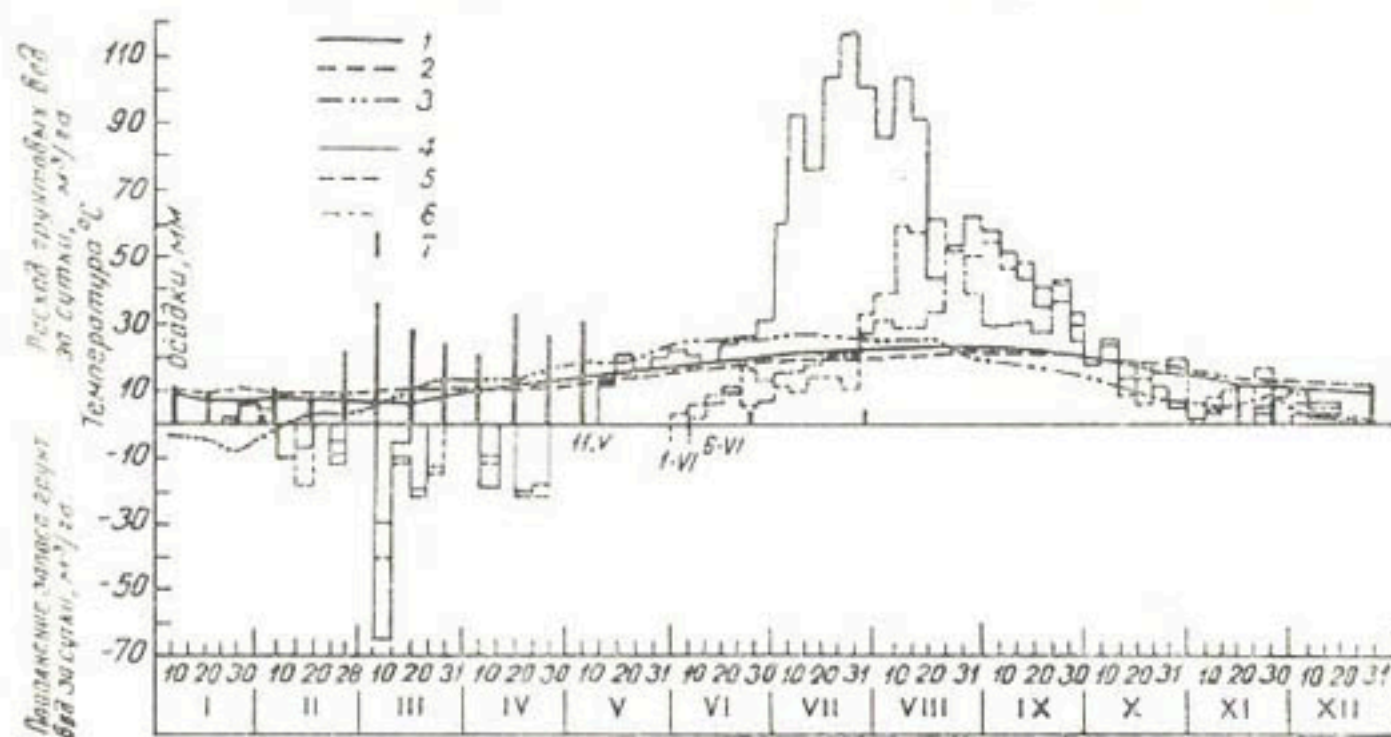


Рис. 17. Расход грунтовых вод хлопчатником в годовом цикле (данные И. К. Киселевой).

1— t° почвы на глубине 1,2 м; 2—то же 1,6 м; 3—средняя t° воздуха; 4—среднесуточный расход грунтовых вод при глубине 1 м; 5—2 м; 6—3 м; 7—атмосферные осадки, мм.

люцерны, и за счет увеличения оросительных норм с целью допромывки слоя аэрации. Однако в летний период во всех 4 лизиметрах при глубинах 2 и 3 м сезонное засоление корнесобитаемого слоя было главным образом за счет перемещения солей из нижних горизонтов слоя аэрации в верхний (табл. 36).

Промывные поливы и повышенные оросительные нормы для хлопчатника по пласту люцерны позволили в опыте на ЦОМС не только сохранить высоту урожая хлопка, но даже несколько повысить его по пласту и обороту пласта люцерны. В аналогичном опыте на Пахтааральской опытной станции без применения промывных поливов резко снизилась урожайность хлопчатника после распашки люцерны (табл. 27).

Таким образом, рассмотрев факторы, формирующие солевые процессы в почвенном покрове, можно сказать, что судьба урожая будущего года в Голодной степи определяется условиями

Сезонные изменения содержания солей в зависимости от глубины и минерализации грунтовых вод в лизиметрах (данные И. К. Киселевой)

Год	Горизонт, см	№ 5				№ 8				№ 12			
		хлор		плотн. ост.		хлор		плотн. ост.		хлор		плотн. ост.	
		весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень
Люцерна													
1964	0—100	0,071	0,100	1,440	1,429	0,035	0,084	1,115	1,633	0,040	0,074	1,185	1,415
	100—200												
	200—300												
1965	Среднее	0,071	0,100	1,440	1,429	0,035	0,084	1,115	1,633	0,040	0,074	1,185	1,415
	0—100	0,038	0,047	0,652	0,749	0,019	0,039	0,674	0,716	0,031	0,055	0,864	1,253
	100—200									0,024	0,022	0,960	0,878
	200—300												
	Среднее	0,038	0,047	0,652	0,749	0,019	0,039	0,674	0,716	0,028	0,038	0,912	1,065
	Хлопчатник												
1966	0—100	0,038	0,052	0,994	1,228	0,035	0,098	1,001	1,414	0,038	0,073	0,401	1,632
	100—200									0,031	0,036	1,290	1,366
	200—300												
1967	Среднее	0,038	0,052	0,994	1,228	0,035	0,098	1,001	1,414	0,045	0,055	1,345	1,499
	0—100	0,031	0,068	1,045	1,586	0,037	0,086	0,805	1,554	0,043	0,085	1,601	1,318
	100—200									0,071	0,044	1,469	1,163
1968	200—300												
	Среднее	0,031	0,068	1,045	1,586	0,037	0,086	0,805	1,554	0,057	0,065	1,535	1,240
	0—100									0,035	0,081	0,960	1,286
(редняя за вегетационный период минерализация грунтовых вод, г/л)													
1964		0,615	3,080			0,658		3,940		0,776		3,930	
1965		0,473	2,644			0,756		4,509		1,008		5,497	
1966		0,699	2,103			0,955		4,775		0,875		4,306	
1967		0,143	1,565			0,198		1,792		0,184		1,504	
1968						0,886		3,040		0,625		2,440	

Год	Горизонт, см	№ 13				№ 15				№ 18				№ 19			
		хлор		плотн. ост.		хлор		плотн. ост.		хлор		плотн. ост.		хлор		плотн. ост.	
		весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень

Люцерна

1964	0—100	0,042	0,056	1,312	1,240	0,024	0,067	1,042	1,438	0,026	0,034	0,890	0,825	0,036	0,068	0,806	0,963
	100—200	0,060	0,062	1,121	1,200	0,073	0,087	1,048	1,290	0,055	0,054	0,717	0,695	0,096	0,087	0,754	0,957
	200—300									0,035	0,029	0,705	0,545	0,102	0,040	0,958	0,924
1965	Среднее	0,055	0,059	1,216	1,220	0,049	0,077	1,045	1,364	0,039	0,039	0,771	0,688	0,078	0,065	0,839	0,948
	0—100	0,049	0,068	1,071	1,161	0,047	0,064	0,768	1,538	0,037	0,013	0,750	0,779	0,041	0,039	0,540	0,543
	100—200	0,049	0,052	1,182	1,155	0,062	0,077	0,985	1,186	0,051	0,055	0,518	0,614	0,079	0,088	0,804	0,680
	200—300									0,023	0,046	0,543	0,402	0,057	0,072	0,779	0,612
	Среднее	0,049	0,060	1,126	1,158	0,055	0,070	0,876	0,908	0,037	0,038	0,604	0,538	0,059	0,066	0,708	0,612

Хлопчатник

1966	0—100	0,054	0,090	1,276	1,387	0,045	0,067	1,105	1,274	0,018	0,079	0,747	1,303	0,017	0,104	1,042	1,328
	100—200	0,071	0,064	1,379	1,348	0,069	0,075	1,249	1,268	0,063	0,077	0,696	0,950	0,095	0,111	1,051	1,260
	200—300									0,037	0,021	0,469	0,378	0,086	0,085	1,048	1,199
1967	Среднее	0,063	0,077	1,327	1,367	0,057	0,071	1,177	1,271	0,029	0,059	0,637	0,877	0,066	0,100	1,047	1,262
	0—100	0,023	0,057	1,074	1,442	0,050	0,075	1,062	1,140	0,053	0,081	0,955	1,260	0,038	0,110	0,846	1,299
	100—200	0,050	0,037	1,461	1,189	0,063	0,055	0,983	1,168	0,062	0,026	0,647	0,611	0,094	0,093	1,198	1,065
1968	200—300									0,041	0,012	0,707	0,705	0,089	0,031	0,969	1,017
	Среднее	0,036	0,047	1,268	1,315	0,052	0,065	1,026	1,304	0,052	0,040	0,769	0,859	0,074	0,078	1,004	1,127
	0—100	0,029	0,066	1,950	1,000	0,026	0,070	0,805	0,940	0,044	0,069	0,635	1,002	0,029	0,062	0,705	1,162

Средняя за вегетационный период минерализация грунтовых вод, г/л

1964		0,330		3,130		1,690		7,010		0,259		0,409		0,490		2,530	
1965		0,587		3,265		1,192		6,150		0,182		1,001		0,772		3,940	
1966		0,274		1,470		1,060		5,420		0,418		2,030		0,896		4,456	
1967		0,222		3,165		0,327		2,450		0,158		1,650		0,241		1,675	
1968		0,575		2,390		0,796		3,430		0,441		1,790		1,290		5,980	

режима орошения и долей участия грунтовых вод в создании урожая текущего года, а также условиями промывки.

Уменьшение расхода грунтовых вод на суммарное испарение и транспирацию (эвапотранспирацию) с повышением степени за-

Т а б л и ц а 37

Урожайность сельхозкультур при различной глубине залегания грунтовых вод, ц/га (данные И. К. Киселевой)

Год	№5	№8	№12	№13	№15	№18	№19
Люцерна		Кукуруза		Люцерна			
1964	119,3	$\frac{6,5^*}{235}$	$\frac{25,0^*}{460,5}$	458,8	273,5	307,8	327,5
1965	79,0	71,7	40,8	265,6	169,1	197,9	234,2
Люцерна		Люцерна		Хлопчатник			
1966	214,0	192,7	280,7	29,2	38,7	45,6	27,0
1967	350,0	268,5	360,6	68,1	56,4	48,2	43,5
1968		284,7	338,1	56,1	64,8	38,1	50,5
За 3 года		745,9	979,4	153,4	159,9	131,9	121,0

* В числителе — зерно, в знаменателе — сухие стебли.

Т а б л и ц а 38

Суммарные затраты оросительной воды (с учетом промывок) на выращивание урожая по лизиметрам, м³/га (данные И. К. Киселевой)

Год	№5	№8	№12	№13	№15	№18	№19
1964	Люцерна	Кукуруза		Люцерна			
		1400	2400	8000	8000	8000	8000
1965	7800	6800	6000	7000	7000	8000	8000
		8200	8400	15000	15000	16000	16000
				(20,7)*	(33,9)	(31,6)	(28,5)
1966	Люцерна	Люцерна		Хлопчатник			
		9500	10800	6600	6800	6400	7400
1967	6300	7300	9200	4900	4100	4600	5500
1968		5900		3600	4800	4300	5300
		22700		15100	15700	15300	18200
				(98,5)	(98,0)	(116)	(150)

* В скобках — в м³/ц.

соления наблюдалось и в лизиметрах, имитирующих перелог. Для этого одновременно с выращиванием хлопчатника и люцерны в опытах на Пахтааральской опытной станции учитывали расход грунтовой воды в лизиметрах, не занятых сельскохозяй-

ственной культурой. В 1950 и 1951 гг. они были без растительности, затем в них появились сорняки-гликофиты, постепенно сменявшиеся галофитами, а к концу опыта там остались только солеросы с очень малой вегетативной массой.

По мере уменьшения вегетативной массы уменьшались и расходы грунтовой воды.

Закономерности эвапотранспирации грунтовых вод перелогами в лизиметрах в зависимости от глубины залегания грунтовых вод при слабой их минерализации видны из рис. 18, построенного

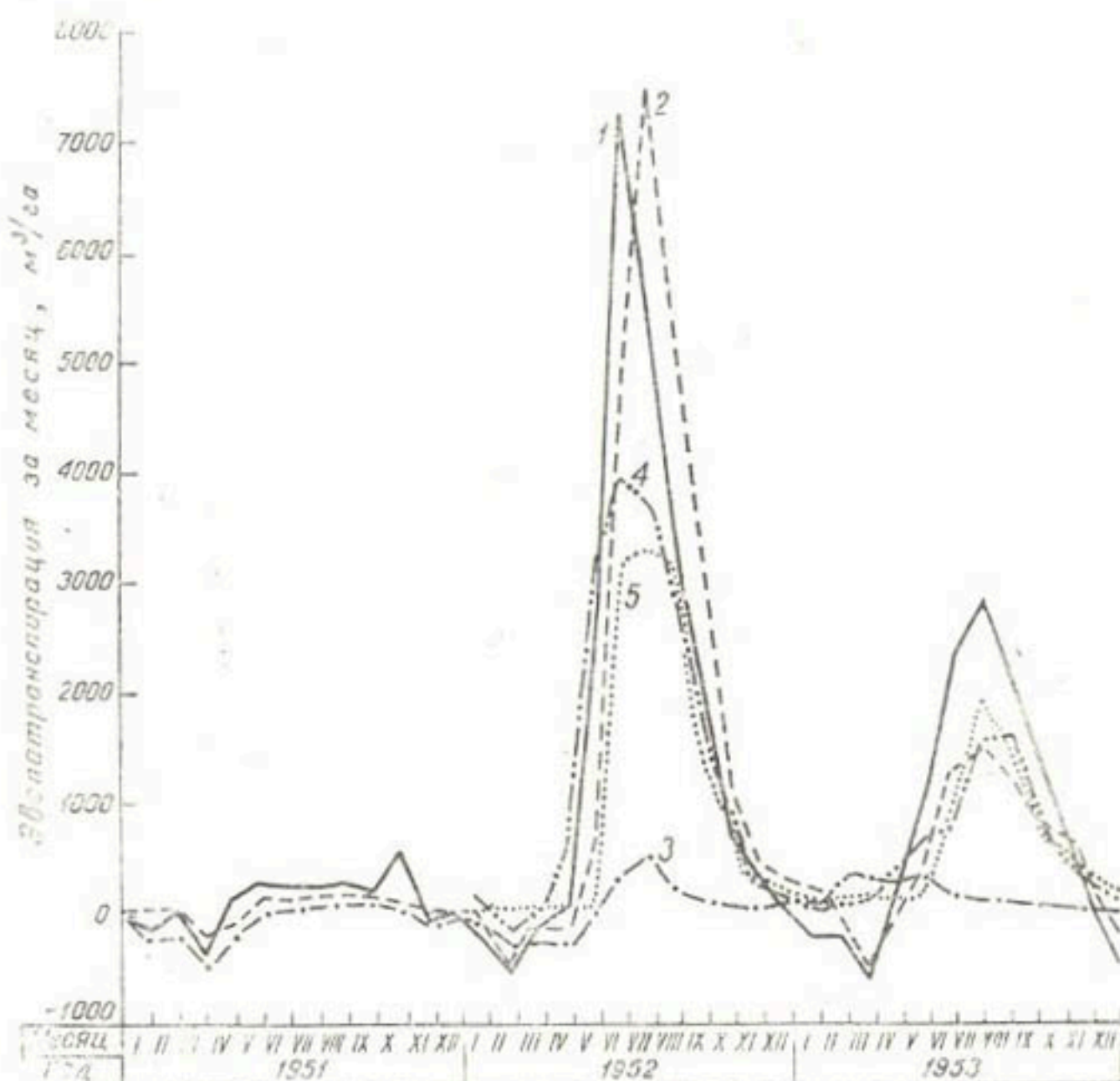


Рис. 18. Эвапотранспирация грунтовых вод перелогами при разной глубине залегания

В совхозе „Пахтаарал“: 1—1 м; 2—2 м, 3—3 м; в Бухаре: 4—1 м, 5—2 м.

по данным наблюдений в совхозе «Пахтаарал» и в Бухаре. Из рис. 18 видно, что испарение поверхностью почвы без растительности ничтожно мало и уменьшается с заглублением уровня грунтовых вод от 1633,6 м³/га (суммарного с апреля по октябрь) при глубине грунтовых вод 1 м до 975,9 при глубине 2 м и до 270,6 м³/га при глубине 3 м. В эти годы появляющиеся сорняки уничтожались. При оставлении сорной растительности в лизимет-

рах резко увеличился расход грунтовых вод. Максимальным он был в 1952 г. при глубине грунтовых вод 2 м—22109; при глубине 1 м—21315 м³/га и самым меньшим при глубине 3 м—1218 м³/га.

При близком залегании грунтовых вод сезонный максимум их расхода отмечен в июне—7320 м³/га, в июле он снизился до 5270, в августе—до 3430 м³/га. При глубине грунтовых вод 2 и 3 м максимум расхода сдвинулся на июль. При глубине грунтовых вод 2 м он был выше (7510 м³/га), чем при глубине 1 м, затем расход грунтовых вод снижался по такой же закономерности, как и при глубине 1 м. При глубине 3 м максимум был тоже в июле, но величина его—всего 546 м³/га, т. е. почти в 14 раз меньше, чем при глубине 1 и 2 м.

Во второй год выращивания сорняковой растительности расход грунтовых вод при глубине 1 м уменьшился почти в 2 раза (11171 м³/га), при глубине 2 м—в 3,5 раза (6300 м³/га), а при глубине 3 м остался почти без изменений (1283 м³/га).

Резкое снижение расхода грунтовых вод при глубине 3 м наступило только на 3-й год (690 м³/га), при глубине 2 м на третий год расход их снизился до 4172 м³/га, а при 1 м—до 9136 м³/га.

Следовательно, расход грунтовых вод уменьшается с повышением степени засоления почвы даже при неизменно слабой минерализации. В. А. Ковда, В. В. Егоров, А. Т. Морозов и Ю. П. Лебедев (1954) приводят данные по уменьшению испарения с водной поверхности с повышением минерализации выпариваемого раствора. В нашем опыте уменьшение испарения произошло за счет повышения степени засоления почвы.

В опытах М. С. Алимова (1967) естественная растительность расходовала при глубине грунтовых вод 1 м 2086 м³/га, при глубине 1,5 м—1730 и при глубине 2 м—1195 м³/га. Но автор не пишет о ботаническом составе и урожае этой растительности.

Урожай сорняков в нашем опыте падает и с понижением грунтовых вод, и с возрастом перелога:

Возраст перелога, лет	Урожай (ц/га) при глубине грунтовых вод		
	1 м	2 м	3 м
1	390	378	221
3	120,7	35,4	56,0

В нашем опыте исследования по перелогу закончились третьим годом выращивания сорной растительности. Соленакпление в лизиметрах в зависимости от глубины залегания грунтовых вод, наблюдаемое в течение одного гидрологического года, выглядело так: поступило атмосферных осадков с 10. X 1950 г. по 19. X 1951 г. 2454 м³/га;

израсходовано грунтовых вод при глубине их залегания 1 м—1356,0 м³/га, при глубине 2 м—961,0 м³/га, при глубине 3 м—645 м³/га.

Таким образом, нисходящий ток превышал восходящие токи в годовом цикле при глубине 1 м на 1098, глубине 2 м—на 1493 и при глубине 3 м—на 1809 м³/га.

Следовательно, при всех глубинах залегания грунтовых вод должно было произойти рассоление почвенного профиля. Фактически степень засоления всего почвенного профиля при глубине грунтовых вод 1 м уменьшилась в 2 раза по иону хлора—с 0,018 до 0,009%; значительно опреснился слой 0—5 см—с 0,145 до 0,057%; по плотному остатку соответственно с 0,538 до 0,494% и с 2,810 до 1,577%. При глубине 2 м в первом метре почвенного профиля стабилизировалась степень засоления по хлору на 0,018%, а в слое 0—5 см произошло рассоление с 0,181 до 0,072%, во втором метре—с 0,016 до 0,009%. По плотному остатку метровый слой в среднем повысил степень засоления с 0,391 до 0,473%, а слой 0—5 см рассолился с 1,972 до 1,577%, во втором метре отмечено небольшое повышение степени засоления—с 0,322 до 0,342%.

При глубине грунтовых вод 3 м первый метр в среднем повысил степень засоления с 0,048 до 0,053% по хлору и с 0,451 до 0,555% по плотному остатку, в слое 0—5 см засоление также повысилось с 0,114 до 0,170% по хлору и с 1,269 до 1,535% по плотному остатку. Во втором и третьем метрах произошло незначительное снижение степени засоления почвы: по хлору с 0,059 до 0,050% во втором и с 0,063 до 0,054% в третьем; по плотному остатку соответственно с 0,477 до 0,413 и с 0,576 до 0,451%.

Таким образом, при глубине грунтовых вод 1 м от поверхности земли рассоление более существенно, чем при более глубоком залегании грунтовых вод. Однако этот положительный фактор в лизиметре нельзя переносить в полевые условия, так как в лизиметре грунтовая вода, обогащенная солями, при повышении уровня их за счет инфильтрации атмосферных осадков откачивалась, в полевых условиях она остается на месте и вновь испаряется почвой.

При большем заглублении уровня грунтовых вод не произошло рассоления почвенного профиля потому, что инфильтрация атмосферных осадков только в очень небольших количествах достигала уровня грунтовых вод, в основном же они только перераспределяли влагу в почвенном профиле, а одновременно перераспределяли и содержание солей. Поэтому за один гидрологический год при глубине грунтовых вод 2 м рассолился по хлору только слой 0—20 см с 0,044 до 0,036%. Для полного рассоления метрового слоя при этой глубине потребуются, вероятно, десятки лет, причем рассоление возможно только в случае отсутствия всякой растительности, т. е. поддержания чистого пара. При наличии же дикой растительности на перелогах и в нашем опыте в течение последующих трех лет рассоления не может быть.

Засоление мы не учитывали по условиям методики лизиметрического опыта. На основании учета эвапотранспирации грунто-

вых вод и их минерализации (без учета диффузионного перераспределения солей) следует, что при средней за вегетационный сезон 1952 г. минерализации грунтовых вод 1,68 г/л по плотному остатку и 0,35 г/л по хлору в метровом слое почвенного профиля при глубине грунтовых вод 1 м должно отложиться $21315 \cdot 0,35 = 7,46$ т/га хлора и $21315 \cdot 1,68 = 35,8$ т/га плотного остатка, в 2-метровой толще почвенного профиля при глубине грунтовых вод 2 м — $22109 \cdot 0,35 = 7,73$ т/га хлора и $22109 \cdot 1,68 = 37,1$ т/га плотного остатка. Но этот запас распределяется уже в 2-метровой толще, и поэтому степень засоления почвы повышается на меньшую величину.

Накопление солей в трехметровом лизиметре практически ничтожно вследствие малой величины эвапотранспирации — $1218 \text{ м}^3/\text{га} \cdot 0,35 = 0,426$ т/га хлора и 2,04 т/га плотного остатка.

В последующие годы, как видно, эвапотранспирация на перелогах сокращается во много раз и соответственно должно уменьшаться сезонное соленакопление (рис. 18).

Но при анализе эвапотранспирации перелогов при различной глубине залегания грунтовых вод можно заключить, что по мере повышения степени их засоления и смены представителей галофитной растительности на галофитную в полевых условиях уменьшается дренирующая способность перелогов по отношению к орошаемым полям, среди которых они находятся. Следовательно, перелог перестает выполнять роль сухого дренажа и уровень грунтовых вод на всем массиве должен подниматься. А если учесть, что выпадающие атмосферные осадки на засоленных перелогах быстро поднимают их уровень, а затем испарение грунтовых вод усиливается с приближением грунтовых вод к поверхности, то их дренирующая роль (роль сухого дренажа) с течением времени становится ничтожной.

В Бухаре эвапотранспирация на перелогах при глубине грунтовых вод 2 м наблюдается в течение всего года, при глубине 1 м при большом количестве осадков в зимнее время иногда они достигают уровня грунтовых вод и повышают его.

Однако суммарная величина эвапотранспирации в Бухаре значительно меньше, чем в Голодной степи. Максимальная величина ее в первый год оставления сорняков при глубине 1 м достигала $17434 \text{ м}^3/\text{га}$, а во второй она уже уменьшилась до $7409 \text{ м}^3/\text{га}$. При глубине грунтовых вод 2 м максимум был всего $13789 \text{ м}^3/\text{га}$, а во второй год произошло снижение до $7177 \text{ м}^3/\text{га}$.

Закономерность эвапотранспирации в динамике за ряд лет в Бухаре примерно такая же, как и в Голодной степи, но абсолютные ее величины значительно меньше. Второй особенностью бухарских перелогов является более четкая зависимость эвапотранспирации от глубины залегания грунтовых вод с первого года, т. е. чем глубже уровень, тем меньше эвапотранспирация, чего нет в Голодной степи. Это объясняется сложением почвенного профиля (и в лизиметрах и в полевых условиях). В полевых ус-

ловиях высота капиллярного подтока в Голодной степи усиливается напором подземных вод. Поэтому для мелиоративного благополучия земель Голодной степи, особенно ее северо-восточной части, отличающейся однородностью сложения лессовидных суглинков большой мощности (20—30 м), напрашивается необходимость в заглублении уровня грунтовых вод до 3 м. В других районах Узбекистана в таком заглублении грунтовых вод нужды нет.

Хлопчатник

Развитие хлопчатника зависит от степени засоления верхнего горизонта почвы в период сева, которая является результатом глубины и минерализации грунтовых вод за предыдущий год. В условиях проведения промывных поливов она зависит также от их качества.

По данным 1964 г., высота роста и накопление плодоеlementов до 1 июля были больше при глубине грунтовых вод 1 м. Некоторое отставание отмечено при глубине 3 м, худшие результаты — при глубине 2 м (табл. 39).

Повышение степени засоления метрового слоя почвы по хлору в 1,5 раза снизило темп роста главного стебля и накопление плодоеlementов, и особенно резким это снижение оказалось при глубине залегания грунтовых вод 1 м, ничтожным при глубине 3 м и весьма заметным при глубине 2 м.

В темпе отдачи урожая и в абсолютных величинах урожая первого сбора явное преимущество имеет глубина грунтовых вод 3 м, причем одинаковое при слабой и повышенной минерализации грунтовых вод в 1964 г. и с большим преимуществом слабой минерализации грунтовых вод (при одинаковой степени засоления почвы) в 1966 г. по пласту люцерны.

При глубине залегания грунтовых вод 1 м от поверхности земли повышенный процент доморозного сбора при высокой минерализации грунтовых вод (90,5% против 75%) нельзя считать показателем высокого качества урожая. Вероятнее всего, при повышенной степени засоления почвы в лизиметре 3 (табл. 39) хлопчатник испытал физиологическую сухость из-за высокой концентрации почвенного раствора, несмотря на высокую влажность почвы в этом лизиметре в конце вегетационного периода (табл. 40). Засоленностью почвы объясняется и крайне низкий общий урожай хлопка-сырца в этом лизиметре (26,3 ц/га).

В табл. 40 приведены данные по общему урожаю надземной массы хлопчатника, из которой видно, что 1) с повышением степени засоления почвы увеличивается масса листовой поверхности, но снижается урожай хлопка-сырца; 2) с повышением уровня грунтовых вод слабой минерализации до 1 м вес сухой вегетативной массы в 1,5 раза превышает вес хлопка-сырца; 3) с повышением минерализации грунтовых вод, а следовательно и степени засоления почв, доля хлопка-сырца в общем урожае

Развитие хлопчатника в зависимости от глубины и минерализации грунтовых вод в лизиметрах
(данные И. К. Киселевой)

Лизи-метр	Глу-бина грун-товых вод, м	Средняя за ве-гетационный период мине-рализация, г/м		Засоление поч-вы, % во вре-мя посева		Высота главного стебля, см			Симподиев		Бутонов		Коробочек		Урожай по сборам, ц/га			Всего	% до-мороз-ного сбора	
		Cl'	плотн. ост.	Cl'	плот. ост.	1.VI	1.VII	1.VIII	1.IX	1.VII	1.VIII	1.VII	1.VIII	1.VIII	1.IX	I	II			III

1964 г.*																			
1	1	0,472	2,615	0,031	1,090	69	90	7,2	10,3	15,6	12,8	2,5	20,5	6,6	9,0	36,1	75		
3	1	0,915	4,270	0,048	1,250	58	79	6,8	9,2	10,7	9,5	2,5	16,5	7,3	2,5	26,3	90,5		
9	2	0,197	1,700	0,040	1,131	39	58	4,7	8,0	6,3	10,3	1,7	12,7	17,8	15,2	45,7	66,7		
10	2	0,295	2,480	0,028	0,937	51,6	65	5,5	7,4	10,0	9,8	3,9	22,7	15,0	7,6	45,3	83,2		
11	2	0,820	4,105	0,044	1,013	40,0	63	4,6	8,6	6,9	9,3	2,2	15,0	9,6	18,5	43,1	65,2		
16	3	0,277	1,693	0,032	0,705	48,8	63	5,5	8,8	8,5	9,6	2,5	24,0	10,0	8,9	42,9	79,2		
17	3	0,578	3,070	0,019	0,774	50,3	66	5,8	8,2	10,3	7,7	3,2	24,0	13,1	8,2	45,3	81,8		

1966 г.																			
13	2	0,274	1,470	0,054	1,276	6,0	21,2	50,0	1,5	7,8	0	10,2	1,3	6,9	17,5	6,4	5,3	29,2	81,8
15	2	1,060	5,420	5,045	1,105	6,1	19,7	54,9	1,0	8,1	0,8	11,4	0,2	10,1	22,6	12,8	3,3	38,7	91,2
18	3	0,418	2,030	0,018	0,747	7,7	26,6	56,7	2,3	9,5	2,5	10,6	1,9	9,9	37,0	5,7	2,9	45,6	93,5
19	3	0,896	4,456	0,017	1,042	7,2	27,8	48,0	3,1	8,7	3,9	7,6	2,1	6,7	23,5	3,5	0,0	27,0	100,0

* В 1964 г. первое наблюдение 15.VII.

Состав надземной массы хлопчатника в зависимости от глубины и минерализации грунтовых вод. Данные И. К. Киселевой

номер лизиметра	Глубина, грунто- вых вод, м	Минерализа- ция, г/л		Урожай, ц/га				Всего надземной массы	В том числе % хлопка-сырца	Исходная степень засоления почвы по хлору, %
		Cl	пл. оста- ток	хлопок- сырец	стебли с листьями, цветами и створками	в том числе				
						листья	цветы			

ЦОМС, 1965 г., старолашка

1	1	0,232	1,483	40,03	—	15,2	3,5	—	—	0,022
3	1	0,834	4,608	27,13	—	23,5	1,1	—	—	0,033
9	2	0,145	1,138	33,44	—	22,9	2,3	—	—	0,042
10	2	0,152	1,360	36,70	—	23,0	1,7	—	—	0,030
11	2	0,820	4,300	17,70	—	17,1	4,7	—	—	0,077
16	3	0,175	0,968	35,82	—	21,7	2,5	—	—	0,041
17	3	0,611	3,990	45,90	—	17,2	1,1	—	—	0,035

ЦОМС, 1966 г., по пласту люцерны

13	2	0,274	1,470	29,2	—	27,5	—	—	—	0,054
15	2	1,060	5,420	38,7	—	26,9	—	—	—	0,045
18	3	0,418	2,030	45,6	—	20,2	—	—	—	0,018
19	3	0,896	4,456	27,0	—	29,5	—	—	—	0,017

Пахтааральская опытная станция, 1950 г. оборот пласта,

3	1	—	1,6	113,6	151,7	—	—	265,3	42,8	—
4	2	—	1,7	56,3	55,1	—	—	111,4	50,5	—
7	3	—	1,5	34,2	49,3	—	—	83,5	41,8	—

1951 г., по третьему году распашки пласта

3	1	—	1,7	106,1	157	—	—	263,0	40,3	—
4	2	—	1,6	55,8	71,5	—	—	127,3	43,8	—
7	3	—	1,5	32,3	48,5	—	—	80,8	40,0	—

1952 г., по пласту травосмеси

1	1	—	1,7	59,2	74,3	—	—	133,5	44,4	—
6	2	—	1,6	32,5	58,5	—	—	91,0	35,7	—
9	3	—	1,5	29,3	46,5	—	—	75,8	38,6	—

1953 г., по обороту пласта травосмеси

1	1	0,8	4,6	66,5	218,0	—	—	284,5	23,3	—
6	2	0,8	4,5	43,9	170,0	—	—	213,9	20,6	—
9	3	0,7	4,5	31,3	48,3	—	—	79,6	39,2	—

1954 г., по третьему году распашки пласта

1	1	0,9	6,2	61,9	225,0	53,3	—	296,0	21,6	—
6	2	0,8	5,8	32,5	76,5	32,9	—	109,0	29,9	—
9	3	0,8	5,7	31,8	131,0	22,9	—	162,8	19,6	—

надземной массы снижается до 20—30%. При близком залегании грунтовых вод падение урожая хлопка-сырца идет значительно быстрее, чем при глубоком их залегании, что вполне согласуется с темпами накопления солей в верхнем метре слоя аэрации (табл. 41).

Хлопчатник, выращиваемый по пласту высокоурожайной люцерны при одинаковых глубинах залегания грунтовых вод, дает меньший урожай хлопка-сырца, чем выращиваемый по пласту менее урожайной люцерны, что связано с большим сезонным засолением почв под высокоурожайной люцерной даже при менее минерализованных грунтовых водах (табл. 41). Следовательно, мощные пласты люцерны нуждаются в больших промывных нормах, чем хлопковые старопашки.

Собственно в совхозе «Пахтаарал» до 1955—1956 гг. распахи-ваемые люцерники всегда подвергались промывкам, иногда эта промывка называлась предпахотным поливом. Иссущение почвы под люцерной при однородном сложении средних и легких суглинков невелико, и поэтому предпахотный полив нормой 1500—2000 м³/га производил промывное действие, хотя и меньшее, чем промывная норма 3000 м³/га.

В лизиметрах люцерну поливали сравнительно высокими поливными (800—1200) и оросительными (6000—8000 м³/га) нормами при глубине грунтовых вод 2—3 м (табл. 38), а урожайность хлопчатника по пластам люцерны, выращенной в лизиметрах со слабой и повышенной минерализацией грунтовых вод, оказалась ниже, чем по оборотам этих пластов в Бухаре (табл. 37) и на Пахтааральской и Федченковской опытных станциях (табл. 27). Отношение вегетационной оросительной нормы люцерны к оросительной норме хлопчатника на ЦОМС $M_{орл.}:M_{орхл.}=1,43—2,67$ для глубины грунтовых вод 2 и 3 м (табл. 35). По Блейни-Кридду это отношение для засушливых районов — 1,22, для прибрежных — 1,33, по ВНиТУ для урожая хлопка-сырца 45 ц/га и люцерны 150 ц/га это соотношение равно 1,25—1,28. В нашем опыте оно превысило все нормативы по оросительным нормам, и еще более — по общему водопотреблению с учетом грунтовых вод при любых комбинациях (люцерна, затем хлопок, табл. 35 или хлопок, затем люцерна, табл. 31) в одних и тех же лизиметрах. Чем больше оросительная норма для люцерны, тем лучше она развивается и тем больше расходует грунтовых вод (табл. 31, 35, 32—36) особенно при глубине залегания грунтовых вод 2 м, при которой хлопчатник дает высокие и более устойчивые урожаи, чем при глубине 1 м, но менее устойчивые во времени, чем при глубине 3 м.

Оптимальной для хлопчатника при однородном сложении средних и легких крупно пылеватых суглинков следует считать глубину залегания грунтовых вод от 2 до 3 м с заглублением их во второй половине вегетационного периода до 3 м, а в период созревания — глубже 3 м.

Динамика урожайности выращиваемых культур и засоления почвы в лизиметрах ЦОМС (данные И. К. Киселевой)

Год	Лизи- метр	Глуби- на гр. вод. м	Урожай, ц/га	Минерализация грунтовых вод, г/л		Засоление метрового слоя, %				Культура
				Cl'	плот. ост.	Хлор		Плотн. ост.		
						весна	осень	весна	осень	
1964	1	1	36,1	0,472	2,615	0,032	0,042	1,090	0,982	Хлопчатник
1965			43,2	0,232	1,483	0,022	0,039	0,581	0,784	"
1966			293,1	0,283	1,565	0,029	0,044	0,995	0,832	Люцерна
1967			428,5	0,115	1,271	0,026	0,078	1,174	1,222	"
1968			429,2	0,525	1,900	0,036	0,084	0,845	1,087	"
1964	3	1	26,3	0,915	4,270	0,048	0,098	1,250	1,213	Хлопчатник
1965			30,0	0,834	4,608	0,033	0,068	0,594	0,840	"
1966			228,0	0,956	4,536	0,038	0,073	0,897	1,167	Люцерна
1967			179,6	0,219	1,660	0,067	0,112	1,165	1,372	"
1968			166,2	0,556	2,530	0,100	0,080	1,250	1,164	"
1964	4	1	2,5/150	1,014	5,400	0,053	0,104	0,703	1,120	Кукуруза
1965				0,765	4,342	0,033	0,047	0,540	0,728	"
1966			196,3	0,942	4,439	0,044	0,064	0,946	1,139	Люцерна
1967			319,6	0,234	1,795	0,057	0,086	1,027	1,615	"
1968			310,2	0,810	3,220	0,073	0,104	0,945	1,136	"
1964	5	1	119,3	0,615	3,080	0,071	0,100	1,440	1,429	Кукуруза
1965				0,473	2,644	0,038	0,047	0,652	0,749	"
1966			214,0	0,699	2,103	0,038	0,052	0,994	1,223	Люцерна
1967			350,2	0,143	1,575	0,031	0,068	1,045	1,586	"
1964	7	1	181,2	1,540	6,340	0,097	0,102	1,435	—	Люцерна
1965			149,7							
1964	8	1	6,5/235	0,658	3,930	0,035	0,084	1,115	1,633	Кукуруза
1965				0,756	4,509	0,019	0,039	0,674	0,716	"
1966			192,7	0,955	4,775	0,035	0,098	1,001	1,414	Люцерна
1967			268,5	0,198	1,792	0,037	0,086	0,805	1,554	"
1968			284,7	0,886	3,040	0,046	0,087	0,975	1,267	"
1964	9	2	45,7	0,197	1,700	0,040	0,026	1,131	0,965	Хлопчатник
1965			37,5	0,145	1,138	0,042	0,055	0,831	0,965	"
1966			158,3	0,221	1,196	0,052	0,084	1,012	1,452	Люцерна
1967			416,1	0,123	1,156	0,054	0,056	1,464	1,155	"
1968			381,8	0,544	2,220	0,026	0,038	0,696	0,930	"
1964	10	2	45,3	0,295	2,480	0,034	0,025	1,130	1,024	Хлопчатник
1965			36,7	0,152	1,360	0,030	0,059	0,786	0,811	"
1966			181,7	0,168	1,222	0,056	0,052	0,880	1,132	Люцерна
1967			460,5	0,123	1,210	0,016	0,046	0,918	1,007	"
1968			424,6	0,475	2,300	0,022	0,041	0,667	0,804	"
1964	11	2	43,1	0,820	4,105	0,046	0,047	0,840	1,100	Хлопчатник
1965			17,7	0,820	4,300	0,077	0,095	0,911	0,928	"
1966			165,5	0,876	4,141	0,081	0,119	0,736	1,300	Люцерна
1967			292,2	0,178	1,450	0,044	0,089	1,012	1,286	"
1968			388,9	0,625	2,560	0,030	0,103	0,924	1,370	"
1964	12	2	25/460,5	0,766	3,930	0,040	0,074	1,185	1,415	Кукуруза
1965				1,008	5,497	0,031	0,055	0,864	1,253	"
1966			280,7	0,875	4,306	0,058	0,073	1,401	1,632	Люцерна
1967			360,6	0,184	1,504	0,043	0,085	1,601	1,318	"
1968			338,1	0,625	2,440	0,035	0,081	0,960	1,286	"
1964	13	2	458,8	0,330	2,130	0,060	0,062	1,121	1,200	Люцерна

Год	Лизи-метр	Глуби-на гр. вод, м	Урожай, ц/га	Минерализация грунтовых вод, г/л		Засоление метрового слоя, %				Культура
				Cl'	плот. ост.	Хлор		Плотн. ост.		
						весна	осень	весна	осень	
1965	13	2	265,6	0,587	3,265	0,049	0,068	1,071	1,161	Люцерна
1966			29,2	0,274	1,470	0,054	0,090	1,276	1,387	Хлопчатник
1967			68,1	0,222	3,165	0,023	0,057	1,074	1,442	•
1968			56,1	0,575	2,390	0,029	0,066	1,050	1,000	•
1964	14	2	9,5/277	0,467	2,780	0,036	0,048	1,430	1,103	Кукуруза
1964	15	2	273,5	1,690	7,010	0,073	0,087	1,048	1,290	•
1965			169,1	1,192	6,150	0,047	0,064	0,768	1,538	Люцерна
1966			38,7	1,060	5,420	0,045	0,067	1,105	1,274	Хлопчатник
1967			56,4	0,327	2,450	0,050	0,075	1,062	1,440	•
1968	16	3	64,8	0,796	3,430	0,026	0,070	0,805	0,940	•
1964			42,9	0,277	1,693	0,016	0,012	0,504	0,478	•
1965			35,8	0,175	0,968	0,041	0,048	0,610	0,714	•
1966			164,2	0,216	1,088	0,061	0,064	0,838	0,921	Люцерна
1967	17	3	386,5	0,146	1,305	0,019	0,037	0,906	0,869	•
1968			414,9	0,550	2,560					•
1964			45,3	0,578	3,070	0,019	0,064	0,774	1,325	Хлопчатник
1965			45,9	0,611	3,990	0,035	0,066	0,797	0,715	•
1966	18	3	175,3	0,665	3,171	0,047	0,059	0,730	1,090	Люцерна
1967			346,8	0,133	1,113	0,027	0,033	0,631	0,752	•
1968			392,5	0,666	2,500					•
1964			307,8	0,259	1,409	0,026	0,034	0,890	0,825	•
1965	19	3	197,9	0,182	1,001	0,037	0,013	0,750	0,779	•
1966			45,6	0,418	2,030	0,018	0,079	0,747	1,303	Хлопчатник
1967			48,2	0,158	1,650	0,053	0,081	0,955	1,260	•
1968			38,1	0,441	1,790	0,044	0,069	0,635	1,002	•
1964	19	3	327,5	0,490	2,530	0,036	0,068	0,806	0,963	Люцерна
1965			234,2	0,772	3,940	0,038	0,110	0,846	1,299	•
1966			27,0	0,896	4,456	0,017	0,104	1,042	1,328	Хлопчатник
1967			43,5	0,241	1,675	0,038	0,110	0,955	1,260	•
1968			50,5	1,290	5,980	0,029	0,062	0,705	1,162	•

Люцерна

По данным табл. 31, люцерна при благоприятной для нее минерализации грунтовых вод может за вегетационный период израсходовать их 14—17 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$ при глубине залегания 1 м. С повышением минерализации до 4,5 г/л расход их люцерной снижается незначительно (1300 $\text{м}^3/\text{га}$), но из-за сильного повышения засоления почвы (табл. 32) она на второй год не может использовать даже опресненные грунтовые воды. Характерно, что на второй и третий годы выращивания она дает урожай меньше, чем в год посева (табл. 33), так что суммарный урожай ее за 3 года оказался в 2 раза меньшим, чем при минерализации 1,5—2,0 г/л.

Наивысшая урожайность в сумме за 3 года оказалась в лизиметре 1 при минерализации грунтовых вод 1,5—2,0 г/л. Очень немного

уступает ему лизиметр 10 при глубине грунтовых вод 2 м и той же минерализации. В этом лизиметре на второй год получен самый высокий урожай — 460,5 ц/га, а снижение суммарного урожая за три года по сравнению с лизиметром 1 произошло в основном за счет урожая в год посева.

Таблица 42

Рост и число стеблей люцерны по годам выращивания и укосам
(данные И. К. Киселевой)

Лизиметр	Глубина гр. вод, м	I укос		II укос		III укос		IV укос		V укос		VI укос		VII укос	
		рост, см	число стеблей	рост, см	число стеблей	рост, см	число стеблей	рост, см	число стеблей	рост, см	число стеблей	рост, см	число стеблей	рост, см	число стеблей
1966 г. — год посева															
		25.V		17.VI		13.VII		4.VIII		28.VIII		1.X			
1	1	51,2	1349	74,6	1202	83,3	1402	80,1	1022	72,4	1116	75,6	1000		
3	1	48,4	1283	65,1	1432	72,8	1002	71,9	977	67,3	811	54,0	796		
4	1	43,5	1481	53,9	1875	67,9	1035	49,7	923	56,5	908	48,3	945		
5	1	42,2	1109	54,2	1038	74,4	939	58,9	892	65,9	911	71,7	891		
8	1	35,2	969	61,0	809	68,0	1132	60,6	1001	69,2	987	60,9	912		
9	2	34,4	615	18,3	627	46,4	721	58,7	815	74,0	914	71,9	1116		
10	2	35,3	1594	35,3	1068	47,8	744	61,4	808	74,2	827	73,9	625		
11	2	34,7	1182	39,5	944	49,3	788	63,4	844	65,3	772	70,6	784		
12	2	46,8	1007	48,5	1045	65,1	1199	74,3	1273	70,9	1254	70,0	1007		
16	3	42,3	1310	38,9	861	59,3	738	71,3	806	69,7	704	70,7	715		
17	3	41,1	1539	40,4	1065	57,3	862	71,1	909	71,9	891	71,0	882		
1967 г. — второй год выращивания															
		26.IV		25.V		12.VI		5.VII		31.VII		27.VIII		11.X	
1	1	74,1	1205	75,3	1284	78,9	1205	80,2	1177	81,8	1065	73,7	888	73,1	808
3	1	62,9	677	83,7	956	65,7	834	59,1	712	52,5	371	43,6	57	34,9	112
4	1	76,0	737	71,7	1084	70,4	1002	73,6	806	64,4	798	65,8	602	48,2	542
5	1	80,4	788	82,5	972	78,2	964	70,6	888	56,6	542	72,3	611	73,6	600
8	1	71,4	639	79,7	1082	72,5	1017	69,1	907	69,7	815	45,3	317	60,6	211
9	2	69,7	551	72,6	1112	72,3	1007	84,1	1204	81,3	1122	73,4	907	76,3	488
10	2	74,0	703	77,8	1488	73,8	1307	91,3	1288	82,2	1305	75,6	1177	80,6	969
11	2	73,1	503	75,4	695	66,2	572	76,0	599	75,9	607	71,3	515	70,7	577
12	2	74,6	692	78,4	1012	65,8	1114	77,9	903	72,8	911	75,0	877	75,6	775
16	3	74,2	606	75,9	1017	76,6	1010	84,9	984	80,6	1007	78,1	902	75,3	476
17	3	71,5	784	73,1	993	77,9	997	78,8	907	82,7	1105	75,7	942	66,6	476

Повышение минерализации грунтовых вод при всех глубинах их залегания обусловило снижение урожайности в сумме за 3 года, причем при глубине 1 м это снижение было на 50%, при глубине 2 м — 21%, при глубине 3 м — 16%. Следовательно, чем глубже уровень грунтовых вод, тем в меньшей мере проявляется токсическая роль их минерализации и на хлопчатнике, и на люцерне. В этом отношении особенно интересна динамика развития люцерны по укосам в год ее посева и на второй год жизни (табл. 42, 43, 44).

В лизиметры 4, 5, 8 и 12 посев люцерны произведен 14. X 1965 г. после кукурузы, которая дала следующие урожаи:

Номер лизиметра	4	5	8	12
Вес зерна, ц/га	27,5	53,2	32,0	44,9
Сухой вес стеблей и листьев, ц/га	142,0	210,0	100,5	112,4
Всего надземной массы, ц/га	169,5	263,2	132,5	157,3

При посеве люцерны 14. X в слое 0—10 см содержалось:

Номер лизиметра	4	5	8	12
Иона хлора, %	0,160	0,118	0,131	0,156
Влаги, %	21,4	21,2	7,75	8,95

После выпадения атмосферных осадков во всех лизиметрах 22/X появились всходы, которые начали отрастать и весной, но к концу первой декады марта они оказались настолько изреженными, что 18/III пришлось произвести пересев люцерны в лизиметрах 4, 5 и 8 и только в лизиметре 12 развивалась люцерна осеннего посева при вполне нормальной густоте (табл. 42), несмотря на 0,043% Cl⁻ в метровом слое и 0,017% в слое 0—10 см — 28/V 1966 г. Этот единственный лизиметр позволил в 1966 г. снять семь укосов. Первый из них 27/IV с урожаем сена 28,5 ц/га, а общий за год — 279,6 ц/га люцерны и 1,1 ц/га сорняков в первом укосе (табл. 43).

Во все остальные лизиметры после хлопчатника люцерну посеяли 16/II 1966 г. при сравнительно меньшей, чем осенью, степени засоления (табл. 43) в метровом слое почвы (28. V), но, вероятно, в период сева слой 0—10 см под влиянием зимних осадков был менее засоленным.

Из табл. 42 видно, что люцерна не особенно реагирует на довольно высокое содержание иона хлора. Во всяком случае ее солеустойчивость в период вызревания первого укоса в год посева значительно выше, чем это считалось до сих пор (Б. Ф. Федоров, В. М. Легостаев и др.). Высокую выносливость люцерны к хлоридному засолению обнаружил Р. Матякубов (1971) в зоне Южно-Голодностепского канала.

Основное значение в развитии люцерны при допустимой степени засоления принадлежит воде. А в лизиметрическом опыте влагообеспеченность определяется глубиной залегания грунтовых вод. При повышенной их минерализации в условиях близкого залегания грунтовых вод заметно снижается высота стеблей перед укосами по сравнению с лизиметрами, где грунтовые воды слабо минерализованы (табл. 42).

В период весеннего сева люцерны наиболее слабая минерализация грунтовых вод по хлору была в лизиметрах 1, 10, 16 и 17 (табл. 45).

В лизиметре 1 средняя минерализация грунтовых вод в период роста первого укоса была 2,370 г/л по плотному остатку и 0,406 г/л по хлору, густота стояния — 1349 стеблей и высота их 51,2 см. В период роста второго укоса минерализация понижи-

лась по плотному остатку до 1,040 г/л и по хлору до 0,160 г/л. Число стеблей уменьшилось до 1200, а высота их увеличилась до 75 см и повысился урожай почти в 1,5 раза (табл. 43). В период III укоса идет дальнейшее снижение минерализации грунтовой воды (0,828 и 0,160 г/л, густота стояния 1400, рост — 83,3 см)

Урожай (ц/га) люцерны по укосам в год посева в зависимости от

Лизиметр	Глубина гр. вод, м	Средняя минерализация, г/л		Содержание солей в метровом слое при посеве, %		I/V укос				II/VI	
						урожай		расход воды, м ³ /га		урожай	
		Cl'	плотный остаток	Cl'	плотн. остаток	сырой	сухой	всего	% грунтов.	сырой	сухой
1	1	0,283	1,565	0,029	0,995	198,0	40,1	4260	32,6	268,0	59,3
						222,0	37,5	2675	76,6	191,8	29,2
3	1	0,956	4,536	0,038	0,897	166,2	34,2	4125	30,5	244,0	52,5
						138,0	28,8	2060	70,0	107,0	22,2
4	1	0,942	4,439	0,044	0,946	151,0	28,7	3850	25,5	158,8	41,0
						116,5	24,0	1760	61,4	121,0	29,7
5	1	0,699	2,103	0,038	0,994	140,8	27,1	3355	14,5	178,5	36,0
						158,0	32,0	1925	67,7	168,0	39,5
8	1	0,955	4,775	0,035	1,001	118,1	23,8	3400	15,6	113,0	39,3
						150,0	27,9	1740	64,5	143,8	26,6
9	2	0,221	1,196	0,052	1,012	51,0	13,2	4550	0	39,0	10,5
						202,0	39,7	1860	56,0	212,0	40,5
10	2	0,168	1,222	0,056	0,880	122,0	26,5	4470	0	96,8	27,5
						183,0	37,2	1925	57,3	108,8	31,5
11	2	0,876	4,141	0,081	0,736	85,2	21,8	4195	0	108,6	27,7
						106,0	23,0	1365	40,0	114,5	29,8
12	2	0,875	4,306	0,058	1,401	29,8	28,5	2060	0	152,5	36,5
						205,0	49,0	3225	43,2	167,0	36,2
16	3	0,216	1,088	0,061	0,838	110,4	24,0	4720	0	80,0	23,5
						142,0	28,0	1440	29,2	142,0	31,1
17	3	0,665	3,171	0,047	0,730	126,1	30,5	4630	0	98,0	27,5
						139,0	29,0	1800	43,5	132,8	27,7

* Вместе с сорняками первого укоса.

и повышается урожайность. В период IV укоса минерализация по плотному остатку увеличилась всего до 0,934 г/л, по хлору практически не изменилась — 0,152 г/л, по иону серной кислоты повысилась с 0,326 до 0,386 г/л и, видимо, за счет серной кислоты произошло снижение густоты травостоя на 380 стеблей и незначительное уменьшение их высоты, что повлекло за собой снижение урожайности до уровня II укоса.

С понижением общей минерализации грунтовых вод в период формирования третьего укоса до 0,859, по хлору до 0,134 г/л при неизменном содержании иона SO_4 в период роста V укоса густота стояния вновь увеличилась, но снизилась высота роста. С даль-

нейшим снижением минерализации по плотному остатку и SO_4 при некотором увеличении иона хлора вновь снизилась густота, но повысилась высота стеблей.

Более высокая минерализация грунтовых вод в лизиметре 3 обусловила снижение густоты стояния и высоты стеблей по срав-

Т а б л и ц а 43

глубины и минерализации грунтовых вод, 1966 (данные И. К. Киселевой)

укос		III/VII укос				IV укос				Урожай за все укосы		
расход воды, $\text{м}^3/\text{га}$		урожай		расход воды, $\text{м}^3/\text{га}$		урожай		расход воды, $\text{м}^3/\text{га}$		сырой вес	сухой вес	% сухого сена
всего	% грун- тов.	сырой	сухой	всего	% грун- тов.	сырой	сухой	всего	% грун- тов.			
2840	64,8	329,0	66,2	4790	62,5	262,5	59,5	4070	65,5	1451,3	291,8	20,1
3590	83,0									1480,1	293,1	
3200	68,8	240,0	50,1	4610	60,8	173,0	40,2	2970	52,7			
2925	79,4									1068,2	228,0	21,4
2400	58,2	203,0	44,2	3825	52,9	125,8	28,5	2515	44,4			
2365	74,5									876,0	195,9	22,4
2095	52,3	230,0	47,5	4435	59,5	143,0	31,6	3090	54,7			
3625	72,2									1018,3	213,7	21,0
2190	54,4	206,2	43,5	4085	56,0	141,1	30,5	3025	53,7	1021,7	214,6	
2770	78,3									872,2	191,6*	22,0
1540	0	79,1	16,0	1985	0	142,0	33,2	2380	24,4			
3560	77,7									725,1	153,1	21,1
2320	5,2	108,0	22,3	2520	12,7	154,5	36,0	2440	26,2	751,6	158,3*	
3355	76,6									773,1	181,0	23,4
2420	9,1	123,2	32,3	2910	24,4	133,1	30,1	2735	34,3	670,6	164,7	24,6
2150	62,8									670,6	164,7	24,6
2720	19,1	207,5	46,1	2900	24,1	215,0	44,5	3510	37,2			
1940	57,7	172,2	38,8	3310	75,7					1249,0	279,6	22,4
2180	0	88,5	19,5	2305	4,5	133,8	33,0	2225	10,1			
2250	55,5									696,7	159,1	22,9
2340	6,0	112,7	25,2	2510	12,4	141	33,5	2495	19,9			
2615	61,7									749,6	173,4	23,2

нению с лизиметром I от укоса к укосу, за исключением второго. Повышение густоты стояния в этом укосе может быть обусловлено только частыми поливами в период роста. Общая подача оросительной воды на первый укос была $800 \text{ м}^3/\text{га}$, а на второй — $1600 \text{ м}^3/\text{га}$ при продолжительности периода формирования второго укоса всего 23 дня.

Указания на меньшую солеустойчивость бобовых культур по отношению к иону серной кислоты имеются у Б. П. Строганова (1962). Очень высокую токсичность сульфатов на зерно-бобовых культурах наблюдала Э. А. Лифшиц на ЦОМС при изучении их солеустойчивости (1961).

Возможно, что высокая урожайность семян и фуража люцерны в Хорезмском оазисе обусловлены также ничтожной долей сульфатов в нижнем течении Амударьи, так как они, в связи с плохой растворимостью при пониженных температурах, успевают аккумулироваться в верхней и средней частях бассейна.

Интересно, что в первом укосе первого года выращивания люцерны самый высокий урожай получен в лизиметре I, т. е. при глубине грунтовых вод 1 м и при слабой их минерализации в

Урожай (ц/га) люцерны по укосам в зависимости от глубины (данные

Лизиметр	Глубина гр. вод, м	Минерализация, г/л		Содерж. солей в метром слое при посеве, %		I/V укос				II/VI	
						урожай		расход воды, м ³ /га		урожай	
		Cl ⁻	плотн. ост.	Cl ⁻	плотн. ост.	сырой	сухой	всего	% грунтов.	сырой	сухой
1	1	0,115	1,271	0,026	1,174	{ 362 397	{ 55,7 66,7	2920	36,0	362	66,2
3	1	0,219	1,660	0,067	1,165	{ 212,5 72,0	{ 37,0 16,2	2505	25,3	266,4	49,7
4	1	0,234	1,795	0,057	1,027	{ 217,0 225,5	{ 49,2 48,5	2645	29,3	324,2	59,8
5	1	0,143	1,575	0,031	1,045	{ 335,0 138,0	{ 42,7 32,5	2660	28,6	351,5	60,2
8	1	0,198	1,792	0,037	0,805	{ 286,0 211,0	{ 46,5 39,7	2690	30,5	310,5	50,7
9	2	0,123	1,156	0,054	1,464	{ 292,1 365,0	{ 36,8 72,5	2500	17,2	318,2	57,0
10	2	0,123	1,210	0,016	0,918	{ 320,0 399,8	{ 40,1 76,5	2745	24,6	409,2	66,8
11	2	0,178	1,450	0,044	1,012	{ 206,5 236,8	{ 37,7 43,5	2240	76,0	238,0	42,5
12	2	0,184	1,504	0,043	1,601	{ 264,7 281,8	{ 39,9 53,2	2240	7,6	288,9	50,1
16	3	0,146	1,305	0,019	0,906	{ 339,7 314,2	{ 42,2 54,5	2365	4,0	332,5	57,5
17	3	0,133	1,113	0,027	0,631	{ 295,5 300,1	{ 38,8 51,0	2225	0	301,0	51,2
								3495	45,1	278,0	53,5

период сева и формирования урожая этого укоса (табл. 43, 45). Все остальные лизиметры с такой же глубиной, но более высокой степенью засоления почвы и повышенной минерализацией грунтовых вод дали снижение урожая в первом и во всех остальных укосах первого (табл. 43) и особенно второго года жизни (табл. 44).

Интересно и другое обстоятельство: во всех лизиметрах с глубиной грунтовых вод 1 м, за исключением третьего, повышение урожайности от укоса к укосу идет до III включительно.

После III укоса во всех лизиметрах с глубиной грунтовых вод 1 м начинается падение урожайности и тем большее, чем выше минерализация грунтовых вод. В лизиметре 3 это падение, правда всего на 2,4 ц/га, началось с III укоса. При этом расход грунтовых вод на формирование урожая укосной массы уменьшается с повышением минерализации.

При глубине грунтовых вод 2 м от поверхности земли резко снизилась урожайность в первых укосах, что, вероятно, обуслов-

Т а б л и ц а 44

и минерализации грунтовых вод за 1967 г. — второй год роста
(И. К. Киселевой)

укос		III/VII укос				IV укос				Урожай за все укосы		
расход воды, м ³ /га		урожай		расход воды, м ³ /га		урожай		расход воды, м ³ /га		сырой вес	сухой вес	% сухого сена
всего	% грунтов.	сырой	сухой	всего	% грунтов.	сырой	сухой	всего	% грунтов.			
2745	93,0	336	60,1	2670	56,8	380	72,2	3765	70,5	2394	428,5	17,9
3405	70,5	272	50,7	4800	82,5							
1935	90,0	207,5	38,5	2050	44,0	173,2	31,0	2440	54,4	971,8	179,6	18,5
1230	18,7	22,0	2,5	1250	60,8							
2305	91,5	279,0	55,9	2275	49,5	282,2	55,9	3235	65,5	1538,8	319,6	20,6
1435	30,4	106,0	25,2	2070	75,4							
2325	92,0	328,8	63,2	3080	62,5	271,5	53,1	2225	95,0	1818,8	350,2	19,3
3220	69,0	227,0	45,5	3315	84,7							
2080	90,5	269,6	54,8	2450	53,0	240,2	45,2	3015	63,5	1471,5	268,5	18,2
1370	27,0	80,7	12,8	1870	72,7							
1630	57,8	318,0	58,3	2525	38,6	355,8	70,9	3460	56,3	2224,1	416,1	18,7
2910	51,8	257,0	57,2	3935	87,0							
2545	72,8	377,0	70,1	2970	47,7	385,1	73,7	3990	62,1	2551,2	460,5	18,1
3830	63,5	290,3	58,2	4625	89,0							
1295	46,7	224,5	42,2	2065	25,0	226,0	44,8	2835	46,7	1505,8	292,2	19,5
2420	42,1	200,0	41,0	3290	84,5							
1785	61,2	293,0	56,6	2450	36,5	288,7	60,0	3085	51,0	1902,1	360,6	18,9
2710	48,2	232,0	51,1	3915	87,0							
1540	42,2	330,1	59,9	2665	26,9	308,8	64,2	3195	40,2	2147,3	386,5	18,0
3220	47,2	227	48,4	3470	76,7							
1670	46,8	320,6	57,4	2775	29,8	275,5	54,5	3170	39,8	1922,7	346,8	18,1
3070	44,6	152	40,4	3220	84,0							

лено не только недостатком влаги, но и повышенной степенью засоления почвы во всех 2- и 3-метровых лизиметрах (табл. 43). Поэтому в первый год жизнедеятельности люцерны при глубине грунтовых вод 2 м получены урожаи значительно меньшие, чем при глубине их залегания 1 м, и даже меньше, чем при глубине 3 м, особенно в первых 2—3 укосах.

Видимо, высота урожая зависит от сочетания таких факторов, как температурный режим и дефицит влажности воздуха, с одной стороны, и степень засоления почвы и водообеспеченность корне-

Динамика минерализации грунтовых вод в лизиметрах, 1966 г. (данные И. К. Киселевой)

Дата	№ 1				№ 3				№ 4				№ 5				№ 6			
	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ '	плотн. ост.	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ '	плотн. ост.	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ '	плотн. ост.	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ '	плотн. ост.	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ '	плотн. ост.
1. I	0,122	0,182	0,655	1,472	0,244	0,915	2,220	4,888	0,183	0,965	2,080	4,984	0,183	0,310	0,920	2,232	0,183	0,915	2,160	4,904
15. I	0,122	0,182	0,575	1,200	0,183	0,965	1,990	4,352	0,183	0,910	1,860	4,272	0,122	0,236	0,575	1,024	0,183	0,945	2,180	4,680
1. II	0,122	0,139	0,525	0,992	0,183	0,790	1,890	4,256	0,183	0,358	0,782	1,904	0,122	0,356	0,910	2,000	0,183	0,510	1,390	2,784
15. II	0,122	0,220	0,780	1,552	0,153	1,040	2,036	4,800	0,122	1,040	2,210	5,144	0,122	0,445	0,920	2,123	0,122	0,910	2,100	4,968
1. III	0,122	0,200	0,809	1,864	0,122	0,960	2,260	5,492	0,122	0,960	2,260	5,492	0,122	0,470	1,430	2,836	0,122	0,870	2,105	5,144
15. III	0,122	0,218	0,830	1,624	0,183	0,960	2,060	4,600	0,183	0,960	2,060	4,600	0,122	0,415	1,120	2,512	0,183	0,870	2,200	4,840
1. IV	0,183	0,585	1,770	3,744	0,122	0,865	2,200	4,696	0,183	0,695	1,830	4,112	0,183	0,565	1,710	2,928	0,183	0,900	2,480	5,392
15. IV	0,122	0,358	1,140	2,152	0,183	0,545	1,350	2,576	0,183	0,750	1,900	4,264	0,183	0,505	1,770	3,864	0,183	0,582	1,500	3,272
30. IV	0,183	1,080	1,960	4,792	0,183	0,860	1,670	4,144	0,183	0,620	1,460	3,088	0,183	0,920	2,100	4,720	0,183	0,720	2,210	4,976
15. V	0,183	0,180	0,380	0,936	0,183	1,210	1,780	5,096	0,183	1,210	1,500	4,920	0,244	0,720	1,296	2,696	0,244	1,200	1,700	5,112
1. VI	0,244	0,140	0,445	1,064	0,183	1,120	1,920	5,736	0,204	1,140	1,980	4,476	0,244	0,280	1,167	2,024	0,183	1,160	2,700	6,000
15. VI	0,122	0,180	0,420	1,016	0,183	1,080	2,066	5,032	0,183	1,100	2,060	4,880	0,183	0,360	0,830	1,976	0,244	1,120	2,068	5,024
1. VII	0,122	0,160	0,233	0,776	0,188	0,980	2,460	5,056	0,188	0,940	—	4,800	0,122	0,180	0,348	0,896	0,188	1,020	2,205	4,976
15. VII	0,188	0,160	0,372	0,880	0,188	1,300	1,910	5,488	0,244	1,300	1,880	5,408	0,188	0,180	0,420	0,960	0,244	1,310	1,880	5,616
1. VIII	0,188	0,145	0,400	0,984	0,244	0,970	2,220	5,104	0,244	0,970	2,200	5,200	0,122	0,210	0,715	1,432	0,244	0,960	2,138	5,064
15. VIII	0,188	0,113	0,378	0,728	0,122	0,345	0,378	0,792	0,122	0,130	0,400	0,896	0,188	0,130	0,445	0,824	0,122	0,145	0,400	0,800
1. IX	0,122	0,145	0,378	0,864	0,188	1,180	1,775	5,008	0,244	1,213	1,910	5,552	0,188	0,162	0,465	0,976	0,244	1,108	1,840	5,464
15. IX	0,122	0,145	0,400	0,856	0,244	1,213	1,950	5,696	0,244	1,240	1,930	5,672	0,188	0,178	0,378	0,944	0,244	1,240	1,930	5,600
1. X	0,188	0,194	0,265	0,584	0,122	0,145	0,354	0,880	0,188	0,388	0,665	1,760	0,122	0,145	0,422	1,008	0,122	0,194	0,377	0,944
15. X	0,122	0,145	0,432	0,864	0,188	0,697	1,150	2,968	0,188	0,970	1,590	4,472	0,188	0,162	0,555	1,032	0,188	0,940	1,500	4,184
1. XI	0,122	0,152	0,354	0,896	0,188	0,862	1,440	4,064	0,188	1,030	1,680	4,458	0,122	0,169	0,422	0,932	0,188	0,995	1,550	4,496
15. XI	0,122	0,135	0,376	0,624	0,122	0,895	1,550	4,472	0,183	0,975	1,615	4,068	0,122	0,169	0,354	0,752	0,122	0,914	1,590	4,696
1. XII	0,122	0,169	0,376	0,752	0,183	0,675	1,282	3,168	0,183	0,930	1,640	3,752	0,122	0,169	0,395	0,800	0,183	0,220	1,482	3,736
15. XII	0,183	0,125	0,345	0,688	0,183	0,140	0,368	0,856	0,122	0,140	0,285	0,628	0,183	0,140	0,345	0,800	0,183	0,140	0,324	0,632
Год	0,148	0,227	0,608	1,330	0,178	0,852	1,675	4,134	0,185	0,872	1,644	4,117	0,161	0,482	0,792	1,804	0,186	0,830	1,751	4,304
вегет.	0,164	0,283	0,690	1,565	0,194	0,956	1,805	4,536	0,200	0,942	1,735	4,439	0,185	0,699	0,887	2,103	0,208	0,955	1,922	4,775

Дата	№ 9				№ 10				№ 11				№ 12				№ 13			
	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ ''	плотн. ост.	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ ''	плотн. ост.	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ ''	плотн. ост.	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ ''	плотн. ост.	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ ''	плотн. ост.
1. I	0,122	0,164	0,510	1,104	0,122	0,146	0,665	1,312	0,183	0,820	1,960	4,408	0,183	0,745	1,940	4,392	0,122	0,182	0,745	1,472
15. I	0,122	0,127	0,344	0,808	0,122	0,127	0,690	1,020	0,183	0,965	1,860	4,408	0,183	0,855	2,000	4,152	0,122	0,164	0,683	1,208
1. II	0,122	0,132	0,344	0,848	0,122	0,132	0,700	1,224	0,183	0,670	0,910	2,968	0,183	0,570	1,476	2,968	0,122	0,139	0,336	0,760
15. II	0,183	0,146	0,428	0,748	0,122	0,165	0,568	1,184	0,122	0,840	1,740	4,264	0,122	0,760	1,740	3,704	0,183	0,184	0,724	1,472
1. III	0,122	0,127	0,595	1,108	0,122	0,163	—	—	0,122	0,796	2,060	4,628	0,122	0,725	2,005	4,332	0,122	0,181	1,090	2,012
15. III	0,122	0,163	0,424	0,808	0,122	0,145	0,780	1,320	0,183	0,795	1,770	3,992	0,183	0,760	1,850	4,006	0,122	0,163	0,995	1,648
1. IV	0,183	0,150	0,635	1,200	0,183	0,150	1,030	1,936	0,183	0,960	2,220	4,680	0,183	0,790	2,220	4,992	0,183	0,244	1,415	2,428
15. IV	0,122	0,150	0,685	0,960	0,122	0,168	1,060	1,880	0,183	0,565	1,680	3,200	0,183	0,885	2,320	5,000	0,183	0,715	2,160	4,208
30. IV	0,183	0,840	1,250	2,520	0,183	0,300	0,865	2,048	0,183	0,220	0,594	1,392	0,183	0,840	1,310	3,696	0,183	0,600	1,352	1,544
15. V	0,183	0,160	0,274	0,624	0,183	0,140	0,296	0,968	0,183	1,020	1,720	4,392	0,183	1,090	1,800	4,992	0,180	0,183	0,338	0,856
1. VI	0,183	0,220	0,040	2,000	0,183	0,120	0,380	0,838	0,183	0,940	1,630	4,136	0,183	1,060	2,080	4,800	0,183	0,180	0,425	0,920
15. VI	0,183	0,260	1,385	2,400	0,122	0,160	1,290	2,000	0,183	1,060	2,210	4,864	0,244	1,100	2,044	4,904	0,183	0,180	0,465	0,912
1. VII	0,122	0,160	—	0,648	0,122	0,140	0,442	0,760	0,188	1,000	2,120	5,128	0,188	1,000	2,300	5,024	0,122	0,160	—	0,848
15. VII	0,188	0,160	0,210	0,712	0,188	0,140	0,326	0,808	0,244	1,260	1,790	5,200	0,188	0,220	0,442	1,008	0,188	0,360	1,140	2,440
1. VIII	0,188	0,145	0,371	0,848	0,188	0,130	0,445	0,944	0,244	0,960	1,930	5,096	0,244	0,940	2,000	5,224	0,122	0,210	0,442	1,072
15. VIII	0,122	0,130	0,425	0,824	0,188	0,130	0,354	0,792	0,188	0,130	0,378	0,800	0,122	0,130	0,310	0,784	0,122	0,130	0,354	0,712
1. IX	0,188	0,145	0,445	0,792	0,122	0,310	0,422	0,872	0,244	1,165	1,775	5,200	0,366	1,213	1,840	5,544	0,188	0,162	0,400	0,848
15. IX	0,188	0,130	0,400	0,824	0,122	0,130	0,400	0,824	0,244	1,240	1,840	5,600	0,224	1,240	2,000	5,704	0,122	0,162	0,400	0,848
1. X	0,122	0,130	0,422	1,224	0,188	0,130	0,288	0,736	0,122	0,145	0,332	0,688	0,122	0,145	0,354	0,672	0,122	0,130	0,310	0,648
15. X	0,122	0,145	0,400	0,800	0,122	0,130	0,422	0,782	0,188	0,940	1,530	3,992	0,188	0,970	1,470	4,192	0,122	0,162	0,332	0,840
1. XI	0,122	0,135	0,289	0,760	0,122	0,135	0,289	0,760	0,188	0,995	1,570	4,458	0,188	0,945	1,480	4,336	0,122	0,152	0,400	0,808
15. XI	0,122	0,152	0,354	0,584	0,122	0,118	—	—	0,122	0,965	1,710	4,192	0,183	0,945	1,640	4,448	0,122	0,187	—	—
1. XII	0,122	0,135	0,310	0,600	0,122	0,135	0,377	0,704	0,183	0,692	1,282	2,912	0,122	0,169	0,356	0,816	0,122	0,135	0,288	0,584
15. XII	0,122	0,140	0,345	0,720	0,122	0,125	0,280	0,768	0,183	0,156	0,324	0,800	0,183	0,140	0,330	0,672	0,122	0,140	0,388	0,688
Год	0,148	0,180	0,511	1,020	0,143	0,153	0,562	1,115	0,184	0,802	1,540	3,808	0,187	0,761	1,556	3,765	0,145	0,217	0,600	1,295
вегет.	0,169	0,221	0,641	1,196	0,159	0,168	0,608	1,222	0,204	0,876	1,658	4,141	0,210	0,875	1,725	4,306	0,163	0,274	0,808	1,470

Дата	№ 15				№ 16				№ 17				№ 18				№ 19			
	HCO ₃ '		Cl'		плотн. ост.		HCO ₃ '		Cl'		SO ₄ "		плотн. ост.		HCO ₃ '		Cl'		SO ₄ "	
	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ "	плотн. ост.	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ "	плотн. ост.	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ "	плотн. ост.	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ "	плотн. ост.	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ "	плотн. ост.
1.I	0,183	0,855	1,670	4,376	0,122	0,292	0,585	1,520	0,183	0,965	1,910	4,616	0,122	0,236	0,510	1,240	0,183	0,985	2,000	4,672
15.I	0,183	0,255	1,870	4,552	0,122	0,254	0,585	1,244	0,183	0,945	1,880	4,144	0,122	0,182	0,490	1,032	0,183	1,060	1,960	4,464
1.II	0,183	0,530	1,165	2,528	0,122	0,166	0,425	0,808	0,183	0,325	0,755	1,648	0,122	0,166	0,318	0,800	0,183	0,680	1,580	3,344
15.II	0,183	0,890	1,960	4,548	0,183	0,214	0,212	0,648	0,183	0,530	0,880	1,944	0,122	0,165	0,314	0,656	0,183	0,725	1,604	3,416
1.III	0,122	0,236	1,430	2,984	0,183	0,185	0,340	0,976	0,122	0,254	0,445	1,064	0,122	0,181	0,610	—	0,122	0,778	2,015	4,320
15.III	0,183	0,905	1,900	4,328	0,122	0,218	0,362	0,952	0,183	0,870	1,055	3,048	0,122	0,181	0,318	0,824	0,183	0,342	0,550	1,304
1.IV	0,305	1,560	3,960	8,672	0,244	0,226	0,425	1,188	0,122	0,655	1,390	3,280	0,183	0,244	0,556	1,264	0,183	0,715	1,795	3,864
15.IV	0,305	1,110	3,400	6,872	0,183	0,545	1,180	2,544	0,183	0,545	1,180	2,664	0,183	0,150	1,160	0,272	0,183	1,560	3,920	8,504
30.IV	0,183	0,300	1,201	2,352	0,122	0,160	0,381	0,704	0,122	0,220	0,402	0,984	0,128	0,200	0,424	0,920	0,183	1,560	3,420	7,903
15.V	0,183	0,160	0,318	0,644	0,183	0,200	0,296	0,896	0,122	0,700	1,186	3,416	0,183	0,180	0,296	0,752	0,183	0,910	1,960	4,720
1.VI	0,244	1,120	2,220	4,992	0,122	0,200	0,445	1,072	0,183	0,180	0,315	0,832	0,183	0,180	0,340	0,993	0,244	0,920	2,060	4,584
15.VI	0,244	1,060	2,185	5,080	0,122	0,180	0,368	0,936	0,244	1,040	2,046	4,720	0,183	0,500	1,150	2,408	0,122	1,100	2,056	4,984
1.VII	0,244	1,020	2,140	4,992	0,188	0,180	0,390	0,920	0,188	0,940	1,720	4,622	0,188	0,540	1,300	2,704	0,188	1,020	2,040	5,032
15.VII	0,244	1,120	3,700	8,904	0,244	0,160	0,326	0,936	0,122	0,160	0,420	0,864	0,122	0,140	0,372	0,784	0,244	0,180	0,312	0,816
1.VIII	0,244	1,960	4,825	11,032	0,122	0,162	0,535	1,048	0,244	1,035	1,840	4,968	0,188	0,130	0,372	0,816	0,122	0,227	0,422	1,176
15.VIII	0,122	0,145	—	0,704	0,188	0,130	0,325	0,864	0,188	0,162	0,400	0,928	0,188	0,130	0,400	0,880	0,188	0,242	0,670	1,384
1.IX	0,366	1,198	1,820	5,392	0,122	0,178	0,445	1,032	0,244	1,180	1,800	5,520	0,244	1,180	1,890	5,536	0,244	1,198	1,800	5,360
15.IX	0,244	1,240	1,910	5,384	0,122	0,145	0,465	0,912	0,244	1,165	1,840	5,218	0,188	1,140	1,710	5,048	0,122	0,125	1,175	5,144
1.X	0,122	1,215	2,125	5,664	0,122	0,145	0,332	0,840	0,122	0,116	1,615	3,048	0,122	0,145	0,332	0,864	0,122	0,130	0,266	0,696
15.X	0,188	0,890	1,460	4,232	0,122	0,212	0,442	1,072	0,188	0,970	1,500	4,432	0,188	0,535	0,865	2,240	0,188	0,910	1,550	3,936
1.XI	0,188	0,995	1,615	4,512	0,122	0,152	0,376	0,824	0,244	0,980	1,590	4,288	0,122	0,152	0,332	0,800	0,188	0,169	0,532	0,948
15.XI	0,188	0,981	1,572	4,200	0,122	0,169	—	—	0,188	0,980	1,730	4,280	0,122	0,980	1,905	4,896	0,122	0,980	1,730	4,296
1.XII	0,183	0,118	0,266	0,672	0,122	0,135	0,244	0,608	0,183	0,118	0,288	0,612	0,122	0,152	0,266	0,664	0,183	0,203	0,422	0,944
15.XII	0,183	0,125	0,324	0,672	0,122	0,140	0,258	0,672	0,122	0,125	0,345	0,752	0,122	0,140	0,310	0,616	0,122	0,140	0,310	0,648
Год	0,209	0,362	1,960	4,513	0,148	0,198	0,428	1,006	0,182	0,632	1,190	2,997	0,154	0,343	0,690	1,695	0,174	0,743	1,505	3,603
вегет.	0,244	1,060	2,516	5,420	0,164	0,206	0,474	1,088	0,189	0,665	1,212	3,171	0,180	0,418	0,830	2,030	0,183	0,896	1,803	4,456

вых систем — с другой. И если при глубине грунтовых вод 1 м люцерна с 9. IV 1966 г. в год посева уже использовала их для транспирации (рис. 19), то при глубине грунтовых вод 2 м начало использования их отмечено 29 мая, а при глубине 3 м — 6 июля (рис. 20).

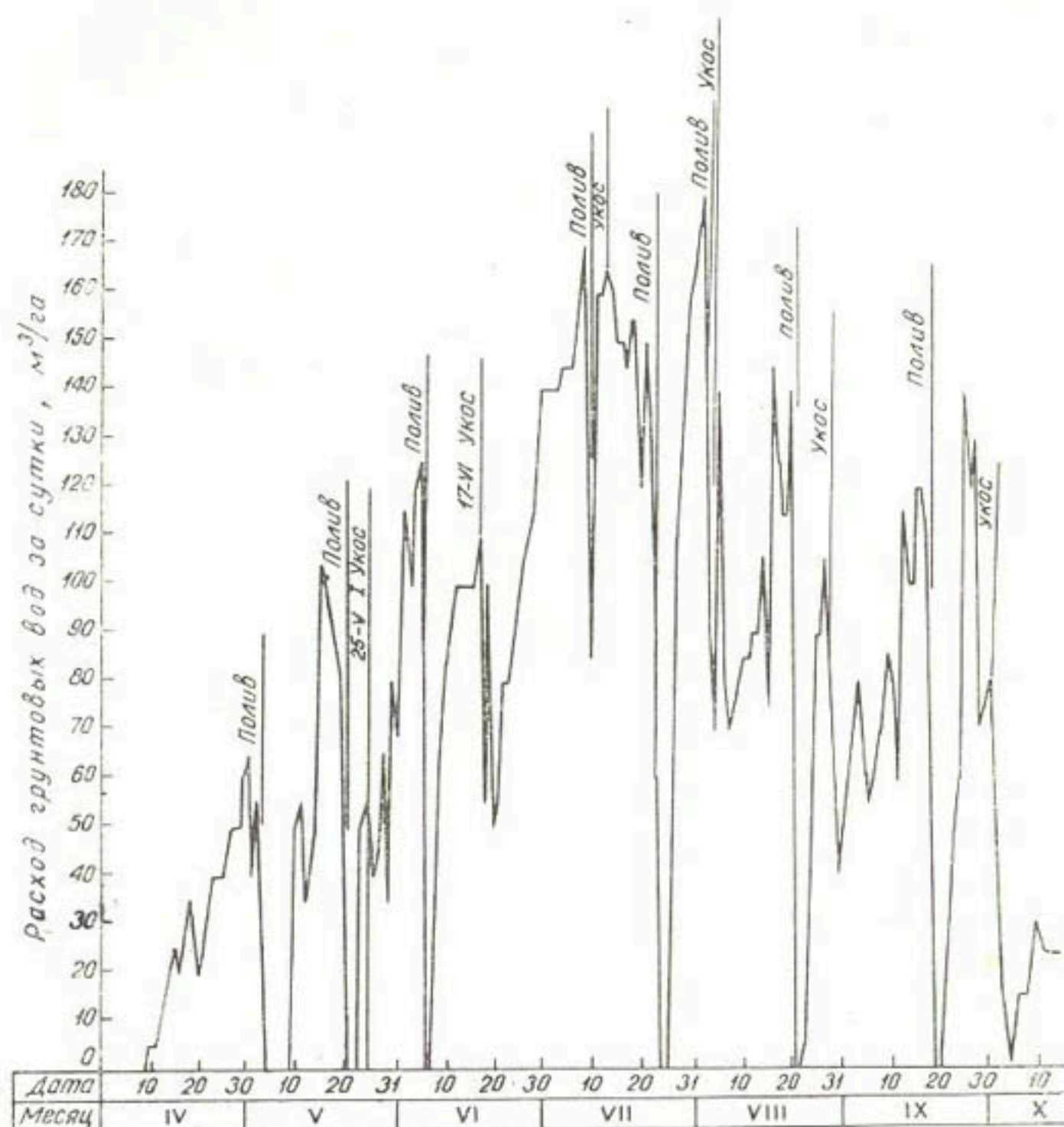


Рис. 19. Динамика суточных расходов грунтовых вод люцерной в год посева (1966). Данные И. К. Киселевой.

В связи с той или иной степенью благоприятности сочетания указанных факторов неодинаков и ход развития травостоя. При глубине грунтовых вод 1 м и слабой их минерализации в лизиметре 1 максимум урожая отмечен в 3-м укосе — 66,2 ц/га, а при той же глубине, но вдвое большей минерализации, в лизиметре 3 максимум во 2-м укосе и всего 52,5 ц/га. При чуть меньшей минерализации грунтовых вод, но повышенной исходной степени

засоления почвы по хлору (табл. 43) в лизиметре 4 максимальный урожай получен в 3-м укосе, как и в лизиметре 1, но высота его 44,2 ц/га, т. е. в 1,5 раза меньше, чем в первом. Кроме того, в лизиметре 1 снижение урожая в 4-м укосе против 3-го составило 10,0%, а в лизиметре 4 — 35,5%.

При глубине грунтовых вод 2 м и слабой их минерализации в лизиметре 9 максимальный урожай дал VI, а в лизиметре 10 —

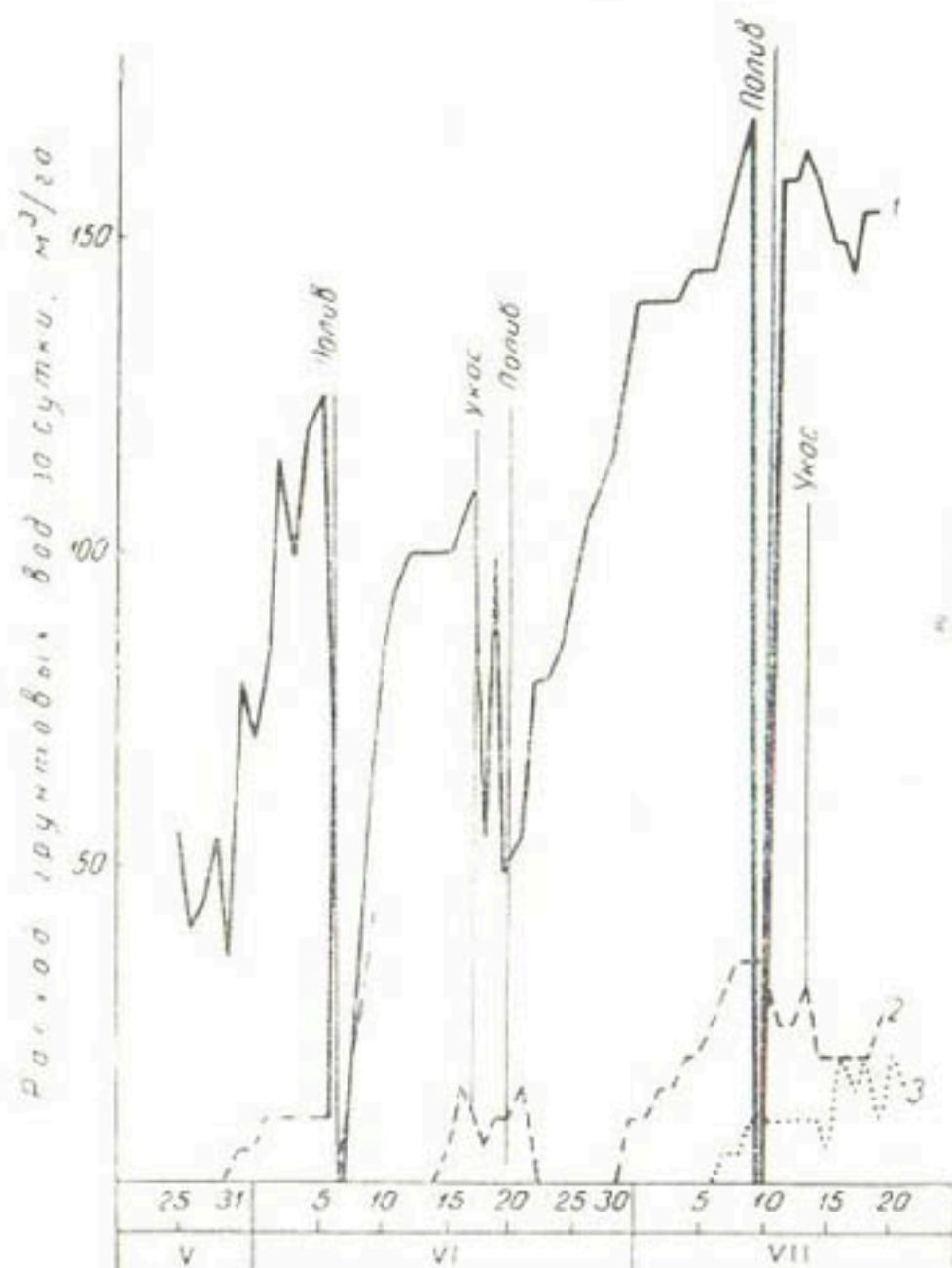


Рис. 20. Суточные расходы грунтовых вод в течение межукосного периода при глубине залегания:

1—1 м; 2—2 м; 3—3 м. Данные И. К. Киселевой.

V укос, при повышенной минерализации в лизиметре II—III укос. Однако наиболее резкое падение урожая началось после IV укоса, т. е. после того, как было израсходовано 935 м³/га грунтовой воды.

В трехметровых лизиметрах максимальные урожаи получены в IV укосе, т. е. тоже когда корневая система стала свободнее использовать капиллярный подток.

Дальнейшее повышение доли грунтовых вод в общем водопотреблении при формировании V укоса за счет уменьшения доли оросительной воды привело к значительному снижению урожая, а увеличение поливной нормы для VI укоса обусловило даже повышение урожайности при слабой минерализации грунтовых вод в лизиметре 16. При повышенной минерализации грунтовых вод в лизиметре 17 урожайность по укосам изменяется в таком же порядке, как и в лизиметре 16, но за счет меньшей исходной засоленности метрового слоя почвы получены более высокие урожаи первых 3 укосов и в сумме за год (табл. 43).

Во второй год выращивания люцерны самый высокий ее урожай при слабой минерализации грунтовых вод получен при глубине грунтовых вод 2 м (табл. 44).

Повышение минерализации грунтовых вод с 0,123 до 0,178—0,184 г/л по хлору и с 1,150—1,210 до 1,450—1,500 г/л по плотному остатку при глубине их 2 м привело к снижению урожайности по сравнению с глубиной 3 м (табл. 44).

Из табл. 43 и 44 видно, что по мере развития люцерны и ее старения значительно повышается процент использования грунтовых вод. Даже при глубине залегания 3 м доля их участия в водопотреблении VII укоса повысилась до 76—84%. При этом величина урожая этого укоса была близкой к урожаю однометровых лизиметров. Например, если сравнить по урожайности и засолению лизиметр 5 с глубиной грунтовых вод 1 м при минерализации их 2,103 г/л по плотному остатку в 1966 г. и 1,575 г/л в 1967 г., лизиметр 4 с той же глубиной и минерализацией соответственно 4,439 и 1,795 г/л с лизиметром 11 при глубине грунтовых вод 2 м с минерализацией соответственно 4,141 и 1,450 г/л и лизиметром 17 с глубиной грунтовых вод 3 м и минерализацией их в 1966 г. 3,171, а в 1967 1,113 г/л (табл. 46), то нетрудно заметить явное преимущество глубокого залегания грунтовых вод (табл. 46).

Из табл. 46 видно, что при глубине грунтовых вод 3 м после люцерны можно сеять хлопчатник без предварительной промывки поля. Следовательно, все плодородие, созданное люцерной за 2 года, а тем более за 3 года ее выращивания, будет использовано хлопчатником. Кроме того, если даже при такой слабой минерализации грунтовых вод, как 3—4 г/л по плотному остатку (фактическая минерализация на полях Голодной степи 5—10 г/л и более) при глубине грунтовых вод 1 и 2 м промывка люцерников обязательна, то при минерализации грунтовых вод 6—7 и 10 г/л она из категории эксплуатационных или текущих промывок переходит в категорию капитальных освоительных с нормами 5—10 тыс. м³/га. А при таких промывках мы потеряем не только плодородие, но и часть урожая люцерны, так как в период формирования VI—VII укосов уже нужно распахать пласты люцерны и готовить их под промывку. Такая технология и была в совхозе «Пахтаарал», когда при глубине грунтовых вод

2—2,5 м ее выращивали в основном за счет грунтовых вод. При этом под люцерной грунтовые воды залегали на 60—70 см ниже, чем под хлопчатником (Киселева, 1957; Лифшиц, 1957), но собирали урожай при 4—5 укосах 100—150 ц/га. Самый высокий сбор сена был в первом укосе.

Из рис. 19 и 20 видно, что при глубине грунтовых вод 1 м при формировании первого укоса за 25 дней до него суточный расход грунтовых вод достигал 40—65 м³/га, а за 10 дней до укоса 105 м³/га. Вегетационные поливы прекращают расход грунтовых вод на несколько дней, причем, чем ближе к укосу, тем короче период, в течение которого грунтовые воды не расходуются. В июле полив, проведенный за 3 дня до укоса нормой 800 м³/га при глубине грунтовых вод 1 м, не прекратил расхода грунтовых вод, а лишь уменьшил его в 2 раза (со 170 до 85 м³/га). В день уко-

Таблица 46

Содержание солей, % от веса почвы в верхнем метровом слое лизиметров при разной глубине грунтовых вод

Лизи-метр	Глубина грунтовых вод, м	Хлор				Плотный остаток				Урожай за 2 года, ц/га
		1966 г.		1967 г.		1966 г.		1967 г.		
		весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	
4	1	0,044	0,064	0,057	0,086	0,946	1,139	1,027	1,344	515,5
5	1	0,038	0,052	0,031	0,068	0,994	1,223	1,045	1,586	563,9
11	2	0,081	0,119	0,044	0,089	0,736	1,300	1,012	1,286	457,7
17	3	0,047	0,058	0,027	0,033	0,730	1,090	0,631	0,753	521,1

са 13. VII израсходовано 165 м³/га. Поливы, проводимые через 8—10 дней после укоса, обуславливают прекращение расхода грунтовых вод на 2—3 дня даже в июле—августе; поливы, проводимые перед укосом, лишь сокращают расход грунтовых вод в 2—2,5 раза (рис. 19).

В то время как с глубины 1 м расходуется 170 м³/га грунтовых вод за сутки (рис. 20), с глубины 2 м лишь 35, а с 3 м — 10 м³/га. В полном соответствии с расходом грунтовых вод находится солевой режим корнеобитаемого слоя почвы (табл. 46).

Из табл. 43 и 44 видно, что выход сухого сена из укосной массы люцерны повышается с заглублением уровня грунтовых вод при одинаковой их минерализации и с увеличением степени засоления и минерализации грунтовых вод при одинаковой глубине их залегания. В среднем за все укосы в год посева выход сена был самым низким при глубине грунтовых вод 1 м и самым низким при слабой их минерализации: в лизиметре 1—20,1%, в лизиметре 3—21,4%, в лизиметре 4—22,4%; при глубине 2 м в лизиметре 9—21,1, 10-м—23,4, 11-м—24,6%; при глубине 3 м в лизиметре 16—22,9, в 17-м—23,2%. Во второй год выращивания

люцерны выход сухого сена снизился во всех лизиметрах до 18—19,5% и только в лизиметре 4 при самой высокой минерализации грунтовых вод по хлору он был 20,6%.

Следовательно, при слабой минерализации грунтовых вод и близком их залегании к поверхности люцерны, давая большие урожаи, расходует воду менее производительно, чем при глубоком их залегании в год посева. На второй год при заглублении корневой системы повышаются непроизводительные расходы и при более глубоком уровне. Люцерны превращается в аппарат, перекачивающий воду, что и утверждал С. М. Алпатыев (1966).

Таким образом, при дефиците в оросительной воде грунтовые воды выгоднее держать на большой глубине. Это снизит непроизводительные расходы слабоминерализованных грунтовых вод (и хлопчатником и люцерной) и уменьшит потребность в промывных поливах при повышенной их минерализации. А для промывок применяется в основном оросительная вода, так как промывки минерализованными водами пока не вышли из стадии эксперимента.

Солевой режим почвенного профиля

Динамика солесодержания в почвенном профиле орошаемых земель при одинаковой глубине залегания грунтовых вод определяется их минерализацией (табл. 47). При одинаковой глубине и минерализации грунтовых вод засоление почвы повышается с уменьшением оросительной нормы. Это положение нами уже отмечено в лизиметрах, оно подтверждается и в опытах Н. П. Ефименко в 1950—1951 гг. на землях совхоза «Пахтаарал» (табл. 48) на старопашке и по пласту люцерны. Это положение отмечалось Э. А. Лифшиц и Т. Токмурзаевым (1970) при сравнении солевых процессов в почве в условиях дождевания и бороздкового полива в совхозе «Пахтаарал».

Во всех случаях при уменьшении оросительной нормы и числа вегетационных поливов резко возрастала степень засоления почвы без ущерба для урожая текущего года.

Так, в опытах 1951 г. Н. П. Ефименко на участке с глубиной грунтовых вод 1,8—2,0 м при оросительной норме 2330 м³/га получила урожай хлопка-сырца 51,9 ц/га, при оросительной норме 3400—45,8 и при норме 4160—40,9 ц/га. Опыт проведен по пласту люцерны без промывного полива. Данные урожая говорят о том, что увеличение оросительной нормы до 3400 и 4160 м³/га было в то время излишним. Аналогичные урожаи получены Ефименко в 1950 г. при тех же глубинах грунтовых вод по пласту люцерны и по старопашке (табл. 48). Малые оросительные нормы обеспечивали наиболее высокие урожаи и повышали засоленность почвы в течение вегетации.

Засоление по хлору в метровом слое почвы на варианте без полива (дан подпитывающий полив нормой 600 м³/га на всех ва-

риантах) к концу вегетации достигло размеров солончака (с 0,034 до 0,113% Cl), а на варианте с двумя поливами при $M=2600 \text{ м}^3/\text{га}$

Таблица 47

Сезонное засоление в почвенном профиле на землях совхоза „Пахтаарал“ в зависимости от глубины залегания грунтовых вод, % на абсолютно сухую почву (данные И. К. Киселева¹⁾)

Горизонт, см	Скв. 21, отвод 19, отдел. им. XXII Партсъезда								Скв. 61, отделение им. Коминтерна			
	HCO ₃		хлор		SO ₄ ^{''}		плотн. ост.		HCO ₃		хлор	
	IV	X	IV	X	IV	X	IV	X	IV	X	IV	X
0—20	0,025	0,032	0,020	0,170	0,898	0,590	1,605	1,682	0,050	0,042	0,005	0,016
20—40	0,020	0,034	0,045	0,072	0,499	0,392	1,005	0,748	0,045	0,038	0,005	0,011
40—60	0,025	0,071	0,025	0,070	0,395	0,255	0,883	0,534	0,045	0,037	0,010	0,008
60—80	0,025	0,034	0,075	0,063	0,300	0,220	0,649	0,485	0,045	0,035	0,010	0,008
80—100	0,025	0,034	0,060	0,050	0,284	0,189	0,580	0,439	0,045	0,037	0,005	0,008
100—150	0,025	0,035	0,050	0,097	0,252	0,181	0,485	0,473	0,050	0,038	0,010	0,008
150—200	0,025	0,035	0,045	0,043	0,250	0,223	0,375	0,551	0,040	0,043	0,015	0,008
200—250		0,037		0,010		0,198		0,473	0,040	0,043	0,020	0,011
250—300									0,030	0,035	0,010	0,011
300—350										0,034		0,008
Минерализация гр. вод, г/л	0,263	0,558	2,214	3,289	5,206	8,078	12,394	16,314	0,232		0,419	

Горизонт, см	Скв. 61, отделение им. Коминтерна				Скв. 70							
	SO ₄ ^{''}		плотн. ост.		HCO ₃		хлор		SO ₄ ^{''}		плотн. ост.	
	IV	X	IV	X	IV	X	IV	X	IV	X	IV	X
0—20	0,042	0,037	0,170	0,219	0,045	0,035	0,025	0,120	0,286	0,571	0,419	1,035
20—40	0,025	0,037	0,104	0,167	0,045	0,037	0,040	0,036	0,249	0,232	0,429	0,419
40—60	0,050	0,040	0,118	0,223	0,050	0,040	0,050	0,020	—	0,102		0,230
60—80	0,028	0,055	0,108	0,201	0,045	0,040	0,040	0,012	0,071	0,066	0,195	0,221
80—100	0,044	0,034	0,119	0,177	0,060	0,038	0,025	0,018	0,049	0,059	0,182	0,263
100—150	0,058	0,028	0,245	0,195	0,045	0,035	0,015	0,016	—	0,057		0,133
150—200	0,228	0,026	0,330	0,247	0,040	0,037	0,015	0,016	0,044	0,047	0,169	0,122
200—250	0,461	0,054	0,612	0,181	0,055	0,037	0,015	0,011		0,038		0,189
250—300	0,473	0,054	0,677	0,195	0,050	0,037	0,010	0,011	0,011	0,035	0,087	0,076
300—350		0,073		0,308								
Минерализация гр. вод, г/л	1,046		2,716									

засоление по хлору в среднем на метровый слой повысилось с 0,036 до 0,52%, в то время как при оросительной норме $3600 \text{ м}^3/\text{га}$

в среднем на метровый слой оно осталось практически без изменений (0,015—0,019%), но при некотором перемещении хлора из второго полуметра в первый (табл. 48). Такое содержание солей в условиях Голодной степи легко вымывается в глубокие горизонты атмосферными осадками (280—295 мм в год) и промывок не требует.

С повышением степени засоления почвы в условиях совхоза «Пахтаарал» возникла необходимость в ежегодных промывных

Таблица 48

Сезонно: изменение засоления в зависимости от числа поливов
(Н. П. Ефименко, 1950)

Горизонт, см	Хлор. %						Плотный остаток, %					
	без полива		2 полива		3 полива		без полива		2 полива		3 полива	
	8.V	29.IX	8.V	29.IX	8.V	29.IX	8.V	29.IX	8.V	29.IX	8.V	29.IX
Пласт люцерны												
0—10	0,019	0,215	0,014	0,082	0,012	0,043	0,522	1,146	0,485	1,177	0,281	0,490
10—20	0,023	0,127	0,017	0,062	0,013	0,037	0,498	0,876	0,445	0,836	0,313	0,340
20—30	0,026	0,117	0,025	0,070	0,016	0,031	0,560	0,764	0,532	0,922	0,292	0,323
30—40	0,029	0,110	0,036	0,070	0,016	0,024	0,611	0,867	0,596	0,894	0,296	0,345
40—60	0,032	0,110	0,045	0,060	0,019	0,012	0,437	0,944	0,597	0,707	0,237	0,331
60—80	0,031	0,088	0,048	0,027	0,014	0,008	0,517	0,674	0,339	0,898	0,196	0,202
80—100	0,032	0,083	0,042	0,029	0,012	0,009	0,539	0,619	0,517	0,481	0,233	0,161
Старопашка												
0—10	0,066	0,175	0,032	0,217	0,011	0,058	0,748	1,767	0,646	1,431	0,298	0,599
10—20	0,091	0,064	0,034	0,070	0,010	0,023	0,911	0,928	0,553	0,595	0,281	0,283
20—40	0,109	0,062	0,061	0,055	0,015	0,014	0,975	0,874	0,616	0,674	0,241	0,214
40—60	0,084	0,051	0,088	0,028	0,013	0,008	0,816	0,761	0,562	0,622	0,127	0,136
60—80	0,054	0,038	0,064	0,018	0,006	0,026	0,525	0,658	0,529	0,369	0,217	0,062
80—100	0,076	0,031	0,052	0,014	0,009	0,007	0,794	0,490	0,462	0,310	0,149	0,084
Моросит.	600*		2600		3600							

* 600 м³/га — подпитывающий полив на всем участке.

поливах при резком сокращении оросительных норм и уменьшении числа поливов. О необходимости уменьшения оросительных норм мы высказывались в ряде работ (1955, 1957). Это было справедливо при создавшихся условиях многолетнего орошения территории совхоза обильными поливными (1200—1400 м³/га) и оросительными (3600—4600 м³/га нетто и 6000—8900 м³/га брутто) нормами. В тех условиях часть поливной воды проникала до уровня грунтовых вод и опресняла их. Поэтому в 1950—1955 гг. грунтовые воды могли без ущерба для урожая и мелиоративного состояния почвы в течение 1—2 лет использоваться растениями для создания урожая.

И. Н. Антипов-Каратаев (1940) для аналогичных условий предлагал ввести понятие «относительной критической глубины зале-

гания грунтовых вод», и понимал под ней глубину, при которой в условиях правильного орошения вторичное засоление почв только начинает проявляться. Вероятно, при этом он не имел в виду условия северо-восточной части Голодной степи, где при любой оросительной норме и слабом засолении почв можно получить высокий урожай.

По нашим определениям, в совхозе «Пахтаарал» в 1953 г. площадь земель с минерализацией грунтовой воды от 1 до 5 г/л по плотному остатку достигла 34,3% всей территории в апреле и

Таблица 49

Динамика минерализации грунтовых вод по некоторым скважинам на территории совхоза «Пахтаарал», г/л

Год	Месяц	Скв. 2		Скв. 10		Скв. 46		Скв. 55		Скв. 61	
		Cl'	плотн. остат.	Cl'	плотн. остат.	Cl'	плотн. остат.	Cl'	плотн. остат.	Cl'	плотн. остат.
1945	Апрель			0,073	3,150	0,095	0,774	0,341	2,576	—	—
	Июль	0,046	0,586	0,295	2,420	0,373	1,994	0,335	2,632	0,037	1,660
	Октябрь	0,378	3,078	0,032	0,670	0,072	0,968	0,132	1,190	0,027	0,548
1949	Апрель	0,048	2,264	0,100	2,738	—	—	0,307	5,880	0,192	3,180
	Июль										
	Октябрь	1,850	12,308	0,030	3,338	—	—	0,100	3,978	0,160	3,788
1950	Апрель			0,107	2,950	—	—			0,419	8,716
	Июль	2,676	12,224	0,096	0,898	—	—	0,484	4,688	—	—
	Октябрь	0,225	4,132	0,075	1,232						
1952	Апрель	0,598	3,192	—	—	0,070	—	0,371	—	1,060	—
	Июль										
	Октябрь	0,427	8,500	0,102	—	0,102	—	0,796	—	0,435	—
1953	Апрель	1,244	7,826	0,345	3,661	—	—	0,243	11,528	—	—
	Июль										
	Октябрь	2,557	13,624	0,168	3,980	—	—	0,895	6,384	—	—
1965	Апрель			0,148	1,225	3,760	19,729	—			
	Июль										
	Октябрь			0,161	0,944	3,786	17,376	—	—	0,193	5,620
1969	Апрель			2,537	12,064			0,507	5,056		
	Октябрь			3,786	18,628			0,437	10,118		

34,8% в октябре, с минерализацией от 5 до 10 г/л — 36,2 и 35,0% соответственно. Минерализация от 10 до 15 г/л отмечена на 26,2% площади в апреле и 30% — в октябре за счет опреснения грунтовых вод на 3,3% площади с апреля по октябрь, имеющих минерализацию от 15 до 25 г/л в весенние сроки. Следовательно, площади земель с минерализацией грунтовых вод от 1 до 5 и от 5 до 10 г/л были стабильны в течение года. Опреснение грунтовых вод сильной минерализации происходит летом под влиянием вегетационных поливов обильными нормами в первые годы и, видимо, за счет понижения грунтовых вод от весны до осени в условиях дождей.

Однако с 1945 по 1970 г. отмечена тенденция к повышению минерализации грунтовых вод (табл. 49).

Опреснение грунтовых вод зимой тоже происходит, но в основном на полях, где проводятся промывные поливы. В годы применения больших оросительных норм промывки проводились на сравнительно небольшой площади в зоне, которую мы отнесли

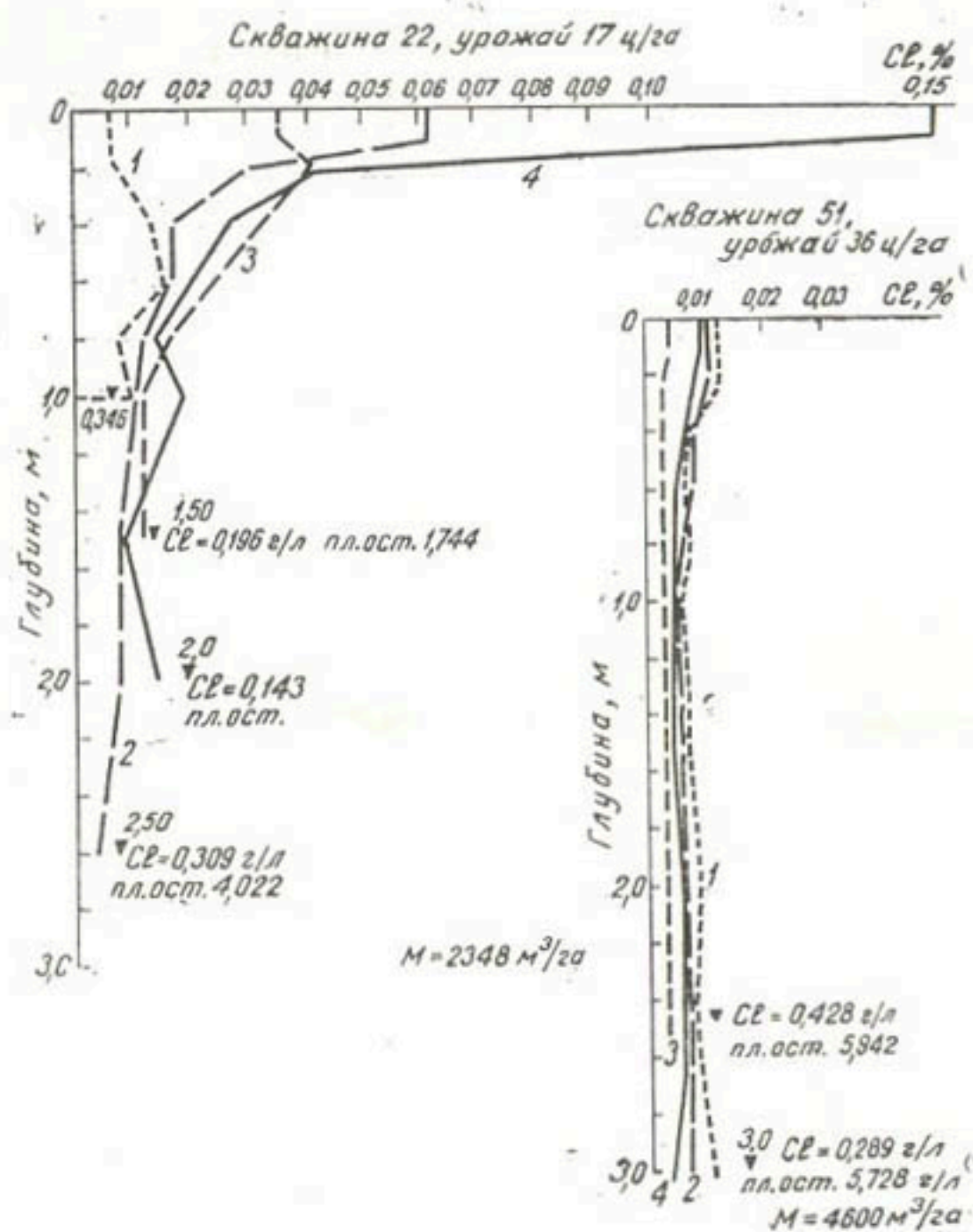


Рис. 21. Солевой режим почв на территории совхоза „Пахтаарал“. Данные И. К. Киселевой.

Слева: 1—весна 1952 г., 2—осень 1952 г. (под хлопчатником); 3—весна 1953 г., 4—осень 1953 г. (под люцерной).

Справа: 1—весна 1951 г.; 2—осень 1952 г.; 3—весна 1953 г. 4—осень 1953 г. (под хлопчатником).

(Киселева, 1957) к зоне преобладания подземного притока над оттоком. Она территориально приурочена к Пахтааральской депрессии (А. Н. Розанов, 1948), где сезонное засоление достигало размеров, требующих промывок (рис. 21).

В связи с сокращением оросительных норм и уменьшением общей водоподачи в вегетационный период сезонное засоление интенсифицировалось на всей площади совхоза.

Повышение степени засоления с уменьшением оросительных норм отмечено Н. П. Ефименко во время изучения режима орошения хлопчатника при поливах по бороздам. Отмечалось оно и

Таблица 50

Динамика засоления почвы (%) и минерализация грунтовых вод (г/л) при дождевании и бороздковом поливе на территории совхоза „Пахтаарал“ (данные И. К. Киселевой)

Горизонт, см	Отвод 51, скв. 50								Дождевание			
	1950				1951				1953			
	хлор		плотн. ост.		хлор		плотн. ост.		хлор		плотн. ост.	
	17.V	25.X	17.IV	26.X	10.IV	20.XI	10.IV	20.VI	IV	X	IV	X
0—20	0,005	0,007	0,146	0,173	0,010	0,012	0,284	0,130	0,033	0,012	0,117	0,232
20—40	0,005	0,006	0,146	0,205	0,006	0,012	0,141	0,196	0,003	0,005	0,118	0,068
40—60	0,005	0,008	0,085	0,154	0,005	0,007	0,275	0,093	0,005	0,005	0,083	0,038
60—80	0,005	0,007	0,131	0,207	0,004	0,005	0,190	0,087	0,004	0,012	0,085	0,056
80—100	0,005	0,005	0,083	0,173	0,004	0,006	0,190	0,103	0,003	0,007	0,070	0,066
100—150	0,005	0,008	0,079	0,149	0,004	0,005	0,682	0,114	0,002	0,005	0,074	0,082
150—200	0,010	0,009	0,149	0,988	0,010	0,005	0,362	0,054	0,003	0,007	0,070	0,078
200—250	0,007	0,007	0,180	0,605	0,006	0,005	0,710	0,172		0,005		0,050
250—300	0,004	0,007	0,285	0,617		0,005		0,189				
Оросит. норма, м ³ /га										1062		
Минер. гр. вод, г/л	0,086	0,098	2,794	3,024					0,013	0,128	1,344	3,828

Горизонт, см	Отвод 51, скв. 51								Бороздковый полив			
	1950				1951				1953			
	хлор		плотн. ост.		хлор		плотн. ост.		хлор		плотн. ост.	
	17.IV	26.X	17.IV	26.X	10.IV	20.XI	10.IV	20.XI	IV	X	IV	X
0—20	0,002	0,010	0,090	0,162	0,010	0,010	0,221	0,130	0,003	0,008	0,176	0,159
20—40	0,003	0,008	0,134	0,249	0,008	0,007	0,201	0,162	0,002	0,005	0,128	0,084
40—60	0,004	0,008	0,100	0,263	0,006	0,005	0,197	0,145	0,002	0,003	0,089	0,050
60—80	0,003	0,005	0,095	0,161	0,006	0,003	0,192	0,230	0,002	0,003	0,078	0,064
80—100	0,005	0,008	0,092	0,124	0,006	0,005	0,201	0,094	0,002	0,005	0,074	0,056
100—150	0,005	0,012	0,094	0,175	0,008	0,005	0,219	0,058	0,002	0,002	0,090	0,060
150—200	0,005	0,010	0,171	0,272	0,010	0,005	0,358	0,030	0,002	0,005	0,112	0,052
200—250	0,005	0,009	0,280	0,269	0,010	0,006	0,353	0,334	0,002	0,005	0,092	0,071
250—300	0,010	0,013	0,511	0,254	0,012	0,006	0,408	0,606	0,002	0,003		0,445
Оросит. норма, м ³ /га										4600		
Минер. гр. вод, г/л	0,688	0,838	5,766	8,236	0,428	0,168	5,942	4,522		0,289		5,728

нами при изучении водно-солевого режима почв в условиях дождевания (табл. 50).

Засоление по хлору и плотному остатку в слое 0—10 см при уменьшении оросительной нормы в 4,5 раза увеличилось в 10 раз.

В год такого сильного засоления различий в урожаях хлопчатника не отмечено (27,2—27,3%).

Экономия оросительной воды и трудовых затрат была существенной, поэтому на процесс засоления многие исследователи не обращали внимания, а другие об этом умалчивали.

Таблица 51

Водозабор на территорию совхоза „Пахтаарал“
и урожайность хлопчатника

Год	Орошаемая площадь, га	В том числе хлопчатни- ка, га	Урожай- ность, ц/га	Водозабор, млн. м ³			Глубина грунт. вод за IV—IX. м
				вегетаци- онный	невегета- цион.	всего	
1945			24,3				
1946			23,3	95,8			2,6
1947	10300		22,0	69,6			2,3
1948	10400		25,7	88,0			2,2
1949	10500		29,6	70,9			2,9
1950	10651	5400	28,7	98,8	9,6	108,4	2,2
1951	10956	5400	30,3	77,4	12,9	90,3	2,0
1952	11100	5400	28,7	66,7	6,9	73,6	2,9
1953	10800	5400	29,2	66,1	7,7	73,8	1,9
1954	10800	5400	35,0	62,5	10,3	72,8	1,8
1955	11200	5400	26,5	67,0	26,9	93,9	2,0
1956	11700		35,9	59,3	19,4	78,7	1,4
1957	11200		32,4	61,7			
1958	10483		25,1	60,0	34,3	94,3	1,5
1959	10883		30,0	61,5	32,2	93,7	1,7
1960	10240		30,6	56,5	24,4	80,9	2,4
1961	10700		35,3	66,8			2,4
1962		6330	31,1	61,8	29,4	94,2	2,5
1963		6450	30,8	69,9	28,6	98,5	2,6
1964		7000	22,9	67,4	29,4	96,8	2,1
1965		6758	29,8	74,8	37,6	112,4	2,2
1966		6662	28,1	82,4	40,8	123,3	2,4
1967		6650	30,4	81,8	38,8	120,6	2,5
1968	10733		20,8	76,2	47,0	123,2	2,6
1969	10733	6221	21,5	69,0	25,1	94,1	1,9
1970	10733		28,0				3,0
1971	10733		34,6	90,2	51,5	141,7	3,1
1972	10933	6600	37,8	81,2	46,3	127,5	3,0

Позже при массовом внедрении дождевания и массовом сокращении водоподачи (табл. 51) в вегетационный период возникла необходимость в проведении «влагозарядковых» (Петров, Преображенская, 1964), а точнее — промывных поливов на всей площади хлопчатника, орошаемого дождеванием. Вследствие того, что дождевание было внедрено на всей хлопковой площади (6400—7000 га), то и промывки приняли массовый характер в ограниченный срок (1,5—2 мес.), что, в свою очередь, обусловило резкий подъем грунтовых вод в промывной и послепромывной период, совпадающий с периодом весенних атмосферных осадков.

Все это привело к необходимости позаботиться о быстром снижении уровней грунтовых вод, т. е. к строительству системы вертикального дренажа. Но, поскольку совхоз уже встал на рельсы массовой механизации полива, а количество имеющихся механизмов при глубоком залегании грунтовых вод не обеспечивало нужного водно-солевого режима, так как с повышением степени засоления почвы повышалась концентрация почвенного раствора и хлопчатник испытывал водное голодание — «физиологическую сухость», то в совхозе сама собой сложилась система орошения дождеванием с прекращением откачки из вертикального дренажа в летний период для поддержания оптимальной влажности почвы за счет подъема грунтовых вод, т. е. использования их для подпитывания корневой системы хлопчатника, что позволяет обходиться малым числом поливов и сравнительно невысокой оросительной нормой. Правда, теперь уже дождеванием подается оросительная норма не 1060 $\text{м}^3/\text{га}$, а 2—2,5 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$. Но и это не избавляет от необходимости проведения промывных поливов на всей территории совхоза. При этом из года в год при одинаковых оросительных нормах нарастает степень засоления почвы и возникает потребность в повышении промывных норм.

Так возникла продиктованная производственными условиями необходимость в проведении опыта промывок различными промывными нормами и различной кратности. Этот опыт в 1966 г. начат Л. И. Пушко и продолжен в 1967—1968 гг. А. Змеевой и А. Махамбетовым на территории Пахтааральской опытной станции в зоне влияния скважины вертикального дренажа по следующей схеме: 1) однократная промывка; 2) двукратная промывка; 3) трехкратная промывка.

Опыт проведен в 8 повторениях при дождевании хлопчатника в период вегетации равными поливными и оросительными нормами 2—2,5 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$ (машина ДДА-100М) на всех вариантах промывок. Промывные поливы проведены затоплением с учетом воды водосливами (табл. 52).

Из табл. 52 видно, что при одинаковых оросительных нормах в период вегетации, но различных промывных нормах засоленность почвенного профиля возрастает с уменьшением промывной нормы. При этом при дву- и трехкратной промывке засоление по хлору в пахотном слое перед промывкой третьего года исследований было в пределах допустимой нормы опреснения, а при однократной промывке превысило ее в 2,5 раза.

В метровом слое почвы при однократной промывке в течение двух лет перед промывкой третьего года содержание хлора было 0,054%, при дву- и трехкратной — соответственно 0,032 и 0,034%. Во втором и третьем метрах, наоборот, хлора больше, чем при однократной промывке.

Промывная норма около 2000 $\text{м}^3/\text{га}$ под урожай 1968 г. опреснила слой 0—100 см до 0,031% по хлору, но смыла его во второй метр (0,047%) и очень немного в третий (0,032%), промывная

норма $3650 \text{ м}^3/\text{га}$ полностью опреснила первый метр за счет вымыва хлора во второй и третий метры, при этом во втором метре содержалось солей на $0,01\%$ больше, чем в третьем. При промывке нормой $5000 \text{ м}^3/\text{га}$ основное количество иона хлора сосредоточилось в третьем метре.

От промывки до посева (с 28. II до 17. IV) метровый слой во всех вариантах опыта продолжал опресняться за счет выпадающих осадков, но во втором и третьем метрах на первом варианте содержание солей уже повысилось, во втором варианте и в этих слоях понизилось содержание хлора, а на третьем — во втором метре несколько увеличилась степень засоления (за счет продолжающегося движения хлора сверху вниз), а третий остался без изменения.

Интересно, что к концу третьего вегетационного периода на втором и третьем вариантах опыта содержание хлора повысилось только в первом метре, оставаясь на уровне допустимой нормы, засоление второго и третьего метров снизилось, видимо за счет перемещения хлора в первый метр почвенного профиля.

На первом же варианте опыта, где был опреснен только первый метр и до степени, превышающей степень опреснения второго и третьего вариантов ($0,31\% \text{ Cl}'$ против $0,010$ и $0,08\%$ во втором и третьем вариантах), к концу вегетационного периода произошло резкое засоление пахотного ($0,076\%$) и метрового ($0,069\%$) слоев почвы при очень незначительном снижении содержания хлора во втором и третьем метрах.

Таким образом, промывная норма от 3600 до $5000 \text{ м}^3/\text{га}$ в зоне влияния вертикального дренажа позволяет проводить вегетационные поливы оросительной нормой $2,0—2,5$ тыс. $\text{м}^3/\text{га}$ при глубине залегания грунтовых вод 3 м зимой и около 2 м летом в течение двух лет без существенного засоления метрового слоя почвы. Промывные нормы от 1200 до $2000 \text{ м}^3/\text{га}$ требуют ежегодных промывок и недостаточны для получения высоких урожаев. В этом варианте потери урожая хлопка за три года исследований составили $19,2 \text{ ц}/\text{га}$ по сравнению с оптимальным вариантом промывок. Потеря урожая увеличивается с каждым последующим годом.

Недостаточные оросительные нормы в условиях совхоза «Пахтаарал», применяемые в течение ряда лет, и недостаточные промывные нормы, привели к тому, что по совхозу в целом произошло резкое снижение урожайности хлопчатника за последние пять лет, несмотря на повышение годовой вододачи за эти годы в среднем по совхозу (табл. 51).

Если считать, что для среднего урожая всех выращиваемых в совхозе культур на площади около 11 тыс. га достаточен вегетационный водозабор 71 млн. м^3 (табл. 51), который в 1949 г. обусловил урожай $29,6 \text{ ц}/\text{га}$ в среднем по совхозу, то это значит, что в 1950 г. подано почти 28 млн. м^3 воды избыточно, и это обусловило снижение урожая (до $28,7 \text{ ц}/\text{га}$). Снижение мы наблюда-

ли уже в опытах с орошением хлопчатника у Н. П. Ефименко (1950, 1951) при глубине грунтовых вод около 2 м.

Такая глубина грунтовых вод наблюдалась летом в большинстве отделений совхоза.

Уменьшение водозабора в следующем 1951 г. до 77,4 млн. м³ обусловило небольшое повышение урожая по сравнению с 1949 и 1956 гг. Дальнейшее уменьшение вегетационных водозаборов и подача воды на промывки поддерживали урожайность хлопчатника на постоянном уровне — в пределах 29 ц/га. Резкий подъем урожайности отмечен в 1954 г., достигший уровня 1941 г. — 35,0 ц/га при водоподаче 62,5 млн. м³ за лето и 72,8 млн. м³ за год. Но уже следующий, 1955 год характеризовался резким падением урожая до 26,5 ц/га. Далее и из табл. 51 видны резкие колебания урожая хлопчатника, которые вызваны рядом факторов, в том числе вспышкой развития озимой совки и погодными условиями, ломкой севооборота и, наконец, недостатками в организации производства. Однако с 1952 по 1961 г. заметно устойчивое по величине и во времени снижение вегетационного водозабора на территорию совхоза; но уже в 1965 г. резко увеличивается водозабор в невегетационный период — с 7—12 млн. м³ в 1950—1954 гг. до 19—34 млн. м³ (1956—1963 гг.) и 39—40 млн. м³ в 1966—1967 гг.

Таким образом, появилась тенденция к повышению годового водозабора с 70,9 млн. м³ в 1949 г. и 73 млн. м³ в 1952—1954 гг. до 93—123 млн. м³ в последующие годы. Это свидетельствует о резком увеличении степени засоления почв, которое отмечалось нами при анализе отчетных данных Пахтааральской опытной станции (1971), а также в работе Л. Л. Корелиса (1968).

Засоление должно было произойти уже только потому, что хлопчатник, а, следовательно, и другие культуры (особенно люцерна) в больших количествах использовали грунтовые воды, что всегда сопровождается засолением почвенного профиля (Махамбетов, 1970).

Действительно, если для выращивания урожая хлопка-сырца 30 ц/га (1951 г.) совхозу потребовалось 77 млн. м³ за вегетационный период и 90 млн. м³ за год, то это значит, что за 5 лет, с 1952 по 1956 г., совхоз должен был забрать 450 млн. м³ воды. Фактически за эти годы в совхоз подано 393 млн. м³, т. е. немного больше четырехлетней нормы. Следовательно, урожай одного года только на 37% был обеспечен оросительной водой и на 63% — грунтовой водой.

Характерна для совхоза и еще одна особенность: после более десяти лет экономии оросительной воды затраты ее резко возросли в последние годы, причем затраты невегетационного периода составляют уже 1/3 годовых, вегетационные водозаборы также очень сильно превысили таковые пятидесятых годов, а урожай хлопка-сырца стали вновь повышаться с 1969 г., когда почва была хорошо промыта атмосферными осадками (648 мм). В 1970 и

1971 гг. вертикальный дренаж в совхозе «Пахтаарал» впервые работал весь вегетационный период.

Хозяйственная деятельность совхоза происходит на фоне самой современной техники полива дождеванием, самого современного типа дренажа вертикального, при обеспечении удобрениями в соответствии с потребностью и т. д.

Недостаток состоит в том, что вертикальный дренаж до 1970 г. работал только в промывной и послепромывной периоды, а в вегетационный период грунтовые воды поддерживались на глубине, которая позволяет свободно использовать их в качестве субиригации и сокращать оросительную норму. Все это в конечном счете ведет к неуклонному повышению засоления почвы и неизбежным при этом потерям урожая.

В табл. 53 даны уровни грунтовых вод в среднем по отделениям совхоза за ряд лет. В верхней части совхоза (отделения им. Октябрьской революции, им. Первое Мая, XII Партсъезда), а также на отделении им. Коминтерна в течение вегетационного периода грунтовые воды залегают на глубине менее 2 м. И только в отделении им. Ильича в течение 1966—1968 гг. они опускались ниже 2 м, а в отделении им. Дзержинского — на 3—4 м.

Отделение им. Дзержинского всегда отличалось наиболее глубоким залеганием грунтовых вод и самыми высокими урожаями (более 40 ц/га). Близким к нему по урожаям было и отделение им. Коминтерна. Теперь отделение им. Коминтерна по урожаям близко к отделениям верхней части совхоза, которая в прошлом была самой засоленной. Это мы объясняем наиболее продолжительным периодом применения малых оросительных норм в этом отделении, так как именно здесь начаты испытания дождевальных машин (1951—1952 гг.), и отделение первым в совхозе применило дождевание на всех посевах хлопчатника, что способствовало наибольшему накоплению солей в почвенном профиле над уровнем грунтовых вод, которые с января по июль залегают на глубине 1—2 м; кроме того, там и теперь еще мало вертикального дренажа.

Степень засоления почв при близком залегании грунтовых вод усиливается и с повышением минерализации поливной воды, о чем свидетельствуют проведенные под нашим руководством опыты С. Мирхаликова (1959—1963 гг.). Минерализация оросительной воды в Голодной степи повысилась с 0,5 в 1945 г. до 1,10 г/л в 1965 г. по плотному остатку.

Таким образом, и лизиметрические, и полевые опытные, и производственные данные указывают на усиление засоления почвы при уменьшении оросительных норм. А так как капиллярные свойства грунтов позволяют сокращать число поливов и оросительные нормы, то этим пользуются хозяйства, и в результате земли всей северо-восточной части Голодной степи испытывают засоление и дают очень небольшие урожаи хлопка-сырца (табл. 54). Особенно низкие урожаи в Гулистанском районе, Пахтааральский и

Средние глубины залегания грунтовых вод по отделениям совхоза „Пахтаарал“

Отделение	Год	Месяц												Среднее за год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Им. Октябрьской революции	1963	224	216	66	132	182	193	189	219	253	260	263	262	205
	1964	—	120	56	71	125	168	160	199	212	249	243	176	
	1965	110	88	99	112	155	156	177	209	275	263	219	137	167
	1966	160	150	144	151	176	183	192	214	258	297	323	226	206
	1967	202	153	142	156	176	209	186	206	270	281	266	257	208
	1968	89	140	104	115	141	211	179	216	272	313	346	271	200
	1969	236	81	98	136	182	203	226	275	325	285	266	207	210
Им. Первое Мая	1963	84	64	—	—	—	—	161	154	176	190	210	226	
	1964	106	83	38	63	132	164	185	198	210	226	213	163	149
	1965	—	94	98	110	110	106	117	149	240	272	226	152	
	1966	85	92	91	121	133	154	143	171	258	307	295	187	170
	1967	—	105	87	154	165	189	155	205	298	318	372	301	
	1968	75	113	122	150	178	211	196	237	269	327	355	309	215
	1969	302	211	79	77	133	220	205	240	259	370	334	300	227
Им. XXII партсъезда	1963	156	41	57	101	112	125	131	171	179	201	216	226	143
	1964	84	73	38	54	128	159	175	193	205	258	275	250	158
	1965	173	114	165	211	252	196	186	223	290	336	311	228	224
	1966	243	238	250	294	278	219	192	200	281	333	340	254	260
	1967	165	190	163	214	199	206	176	207	253	311	334	330	229
	1968	145	105	117	144	211	248	241	285	312	349	322	220	225
	1969	130	122	24	79	137	190	117	237	253	341	309	302	187
Им. Ильича	1963	130	85	52	91	107	184	228	218	242	261	278	275	179
	1964	—	132	66	72	152	168	184	202	208	235	257	233	
	1965	168	164	177	205	215	199	210	228	286	334	310	289	232
	1966	245	242	235	232	239	260	252	291	348	385	386	322	286
	1967	245	290	282	262	284	307	309	323	340	383	353	355	312
	1968	235	210	190	205	243	287	274	296	332	393	382	320	282
	1969	307	307	184	141	152	184	211	262	328	424	378	361	270
Им. Коминтерна	1963	—	—	—	—	—	246	243	257	260	284	278	275	
	1964	—	—	—	—	—	252	269	287	299	294	298	258	
	1965	136	110	115	147	173	154	174	207	219	229	212	146	169
	1966	100	102	108	155	184	187	182	194	247	287	261	178	183
	1967	126	88	107	146	179	185	217	255	261	260	246	237	192
	1968	39	—	83	162	204	192	196	210	256	346	347	270	
	1969	212	213	75	96	159	208	194	208	278	388	354	339	227
Им. Дзержинского	1963	272	272	274	280	297	337	346	385	394	403	413	426	341
	1964	308	293	303	287	332	394	408	426	438	459	сухо	сухо	
	1965	347	308	329	343	369	346	356	387	414	419	402	309	360
	1966	287	295	300	328	342	338	326	340	400	443	443	330	348
	1967	373	363	371	397	414	409	390	402	442	441	442	438	406

Ильичевский районы не приняты во внимание, так как в последние годы, в связи с укрупнением и разукрупнением, трудно указать их границы.

В Гулистанском районе площадей с глубиной грунтовых вод меньше 2 м в 1967 г. было 46,4%, в 1968 г. — 60,3%, в Сырдарьинском — соответственно 34,5 и 36,3%, в Кировском — 13,2 и 29,4%.

Иной характер распределения солей и влаги в почвенном профиле наблюдается в зоне Южно-Голодностепского канала, где слоистое сложение почвенно-грунтовой толщи с наличием тяже-

Таблица 54

Урожайность хлопчатника в некоторых районах Голодной степи
(данные ОблУОС)

Район	1952	1955	1959	1960	1961	1962	1963	1965	1966	1967	1968
Гулистанский	22,8	21,2	21,9	14,0	16,7	10,1	16,1	17,4	18,1	19,5	14,1
Сырдарьинский	24,1	22,5	22,2	18,5	20,2	15,4	21,3	23,6	23,9	25,2	19,0
Кировский	—	8,4	23,3	21,2	24,1	21,6	25,1	24,9	24,7	23,5	15,7

лых по механическому составу прослоек и большим содержанием гипса (совхоз № 5), а также с утяжелением механического состава в нижней части профиля (совхоз № 1).

На рис. 15 дано распределение влаги в профиле слоя аэрации до уровня грунтовых вод. Кривые влаги и солей в этом районе исследований не носят того плавного характера, какой наблюдался нами в грунтах однородного сложения. Здесь максимум и минимум содержания солей по профилю связаны не только с уровнем грунтовых вод и сроками полива, но и с механическим составом почвенного профиля и плотностью его сложения. Поэтому в уплотненных гипсированных суглинистых и глинистых прослойках наблюдается повышенное содержание влаги и солей, причем характер распределения влаги во времени почти не изменяется, а характер распределения и содержание солей, и особенно иона хлора, во времени изменились.

В первом определении в год начала освоения слой 60 см был практически незасолен (0,007—0,012% Cl'), ощутимое содержание хлора было в слое 80—100 и 100—120 см (0,048—0,067%), т. е. на контакте гипсированного суглинка с супесью. Прослойка супеси менее засолена, резкое увеличение хлора отмечено в глине (0,08—0,09%) и затем в подстилающем песке в зоне колебаний зеркала грунтовых вод (0,105—0,156%, табл. 55).

К концу второго вегетационного периода максимум содержания хлора отмечен уже в слое 0—20 см (0,156%) и весь слой покровного суглинка оказался засоленным до степени солончака. Такое высокое содержание хлора остается весь период до про-

ведения промывки через культуру риса (1965 г.), под влиянием которой опреснен весь почвенный профиль до глинистой прослойки, в которой отмечена некоторая стабилизация содержания хлора в год проведения промывки и небольшое опреснение в год последствия промывки, видимо, за счет перемещения его в верхний почвенный слой.

Таким образом, уплотненная прослойка тормозит рассолению почвенного профиля и осложняет определение оптимальной глубины понижения грунтовых вод.

Однако, судя по тому, как засоление почвенного профиля по мере удаления от года освоения выравнивается, а, следовательно, вымывается и гипс, изменяются и условия фильтрации, и капиллярного подтока. В первый год освоения по нашим исследованиям (1963) водопроницаемость гипсированного слоя была равна нулю. В связи с этим представляется, что в дальнейшем условия капиллярного подтока в профиле почв с гипсированными прослойками, но однородных по механическому составу, будут приближаться к условиям однородного сложения грунтов, как в северо-восточной части Голодной степи. Следовательно, в этой части Голодной степи так же, как в северо-восточной, для подавления сезонного засоления почв понадобится: понижение грунтовых вод до глубины около 3 м, во-вторых, такой режим водоподачи на орошение, при котором использование грунтовых вод будет не более той минимальной доли, засоление от которой не превысит величин, вымываемых атмосферными осадками зимне-весеннего периода.

Это вытекает из данных наших исследований в совхозе № 5, проведенных в течение 6 лет, часть которых приведена в табл. 55, а также из опытов по орошению хлопчатника, проведенных Я. Хондроянисом (1971). Максимальные урожаи хлопка и минимальное сезонное засоление он наблюдал при оросительной норме 5000—6000 м³/га. С уменьшением оросительной нормы снижался урожай и повышалась интенсивность сезонного засоления.

В табл. 55 дана динамика содержания солей в почвенном профиле по слоям различного механического состава в зависимости от расстояния пункта наблюдения от глубокого открытого коллектора. Коллектор К-7-1 в летний период 1966 г. был закрыт (пропущен в железобетонные трубы) с некоторым уменьшением его глубины.

На основании динамики содержания наиболее подвижного и наиболее токсичного в наших условиях элемента засоления — иона хлора в зоне ЮГК, где почвенно-грунтовая толща характеризуется слоистым сложением с большим содержанием гипса в определенных прослойках (табл. 55), можно считать, что на период освоения здесь наиболее эффективен открытый глубокий (4—4,5 м) дренаж в сочетании с временным мелким при ширине междурений глубокого дренажа 1000 м или без него при сокращении ширины междурений до 200—300 м.

Действие закрытого дренажа на процессах засоления и рассоления практически не сказывается (табл. 55, скв. 7). Дрена построена в 1965 г., участок отведен под посев риса с целью промывки. Наша наблюдательная скважина (№ 7) оказалась в 7 м от закрытой дрены и в 320 м от открытого коллектора К-7-1. На посевы риса было подано 44,3 тыс. м³/га оросительной воды. Казалось бы, что в расстоянии 7 м от дрены (закрытой) должно быть наибольшее опреснение как метрового слоя почвы, так и всего слоя аэрации, однако опреснение его по этому пункту наблюдения в покровном суглинке в год промывки было значительно меньше, чем по скв. 9, которая размещена в 120 м от открытого коллектора, в 200 м от закрытой дрены.

Правда, в течение невегетационного периода 1965—1966 г. в 7 м от дрены шло опреснение покровного суглинки с перемещением иона хлора в гипсированный подстилающий горизонт суглинки и в супесь и дальнейшее опреснение всего профиля в течение вегетационного периода 1966 г. уже под хлопчатником. В 1967 г., когда участок под посев не использовался, по этой скважине был процесс засоления, который протекал более интенсивно, чем по скв. 9 (120 м от теперь уже закрытого коллектора). По скв. 9 засоление отмечено только с глубины 70 см, т. е. в гипсированном суглинке и во всех нижерасположенных горизонтах. Покровный же суглинок несколько снизил содержание хлора и плотного остатка, несмотря на отсутствие вододачи. Повысилось и содержание хлора во всем слое аэрации и по скв. 10 в 70 м от коллектора, что, вероятно, обусловлено общим подъемом уровней грунтовых вод по всему створу, в связи с закрытием коллектора К-7-1 и продолжающейся фильтрацией из Южно-Голодноостепского канала. Створ находится в 1200 м от ЮГК.

По нашим наблюдениям, открытые коллекторы в зоне ЮГК принимают воду главным образом откосами в местах пересечения песчаных и супесчаных прослоек, так как именно в этих местах наблюдается всегда суффозия грунта и струйчатые потоки грунтовых вод. В закрытые дрены вода поступает только через стыки труб или перфорацию, поэтому значительная часть грунтовой воды не может проникнуть в дрена и либо уходит по затрубному пространству, либо создает нависание над закрытой дренай. Как правило, закрытый дренаж требует большей удельной протяженности, чем открытый. Вследствие этого открытые дрены оказываются более эффективными при проведении освоительных (Варунцян, 1970 г.) и эксплуатационных промывок, и опреснение в зоне их непосредственного влияния всегда выше, чем в удалении от них и в зоне закрытого дренажа (табл. 55).

В 1965 г. в районе скв. 11 в 30 м от открытого коллектора К-7-1 промывки не было, так как скважина размещалась непосредственно у подошвы отвала этого коллектора. Пограничный валик промывного поля был в 10 м от скв. 11.

К началу вегетационного периода 1966 г. коллектор был уже закрытым.

Приводим данные об урожайности риса (шалы) в год промывки и хлопчатника — в год последствий промывки:

Номер скважины	Расстояние от колл. К-7-1	1965 г. Урожай риса, ц/га	1966 г. Урожай хлопка, ц/га
7	335	10,21	—
8a	235	17,43	—
8	220	—	8,95
9a	135	46,05	—
9	120	—	3,94
10	70	—	6,05
11	30	—	6,05

Низкая урожайность хлопчатника в данном случае не может быть объяснена высокой степенью засоленности почв, так как содержание хлора в покровном суглинке в весенний период превышало норму опреснения (0,02%) только около скв. 9. К осени засоление превысило обычные для освоенных земель пределы только около скважины 8 (0,134% Cl') в 220 м от коллектора, во всех остальных пунктах наблюдения на хлопковом поле сезонное засоление не превышало обычных для зоны норм.

Поэтому недоборы урожая сырца свидетельствуют не о плохих мелиоративных условиях, а скорее о неудовлетворительной агротехнике хлопчатника из-за недостатка рабочей силы и неудовлетворительной организации производства.

Повышение засоленности около скв. 8 мы объясняем только удаленностью от коллектора, т. е. практически отсутствием влияния дренажа.

Режим уровня грунтовых вод во все эти годы был таким, что не мог оказывать существенного влияния на солевые процессы в почве, за исключением 1965 г., когда в первом створе наблюдательных скважин размещалось 48 га посевов риса, выращенного при оросительной норме 44300 м³/га (табл. 56).

Минерализация грунтовых вод значительно снизилась только в первом створе, причем в равной мере на участке, прошедшем через посевы риса, и на непрошедшем (1200 м от ЮГК), в остальных створах закономерных изменений нет, в одних скважинах минерализация уменьшилась, в других увеличилась, а по части скважин осталась практически без изменений (табл. 57).

Опреснение грунтовых вод в первом створе, по-видимому, обязано фильтрационному потоку из ЮГК, который проходит в подстилающих песках и не достиг еще второго и третьего створов.

По остальным двум створам (3 и 4,5 км от ЮГК) основную роль в минерализации грунтовых вод играет степень засоления того слоя грунта, в котором размещается уровень грунтовой воды в момент отбора образца. Чем тяжелее по механическому составу

прослойка, тем выше степень ее засоления и тем выше минерализация насыщающей ее грунтовой воды.

Таким образом, в вегетационный период, когда испарение поверхностью почвы и транспирация растительного покрова достигают максимальных значений, необходимо в однородных по сло-

Т а б л и ц а 56

Уровни грунтовых вод в зависимости от расстояния от ЮГК и коллекторов, м

Дата наблюдений	Номер колодца и расстояние от К-7-1-1										
	1 30	2 55	3 180	4 260	5 440	6 540	7 630	8 680	9 780	10 830	11 880
Первый створ, 1200 м от ЮГК											
5. X 1963	—	4,40	4,60	4,40	4,20	4,60	4,20	3,80	4,40	4,80	—
5. VI 1964	4,0	3,40	2,60	2,20	2,20	3,60	3,40	3,60	4,60	4,00	2,80
25. VII 1964	1,60	1,40	1,00	1,25	1,05	1,15	1,05	1,12	1,05	1,19	1,26
3. VI 1967	3,60	3,05	2,90	3,05	2,70	2,40	2,50	2,40	2,60	2,55	2,60
11. VII 1967	3,60	2,95	2,85	3,15	2,80	2,40	2,65	2,75	2,85	2,65	2,75
31. X 1967	—	3,60	3,35	3,55	3,50	3,40	—	3,40	3,60	3,50	3,50
Второй створ, 3000 м от ЮГК											
3. X 1963	—	4,20	3,00	2,60	3,20	3,80	3,80	4,00	4,40	—	—
15. VI 1964	4,20	3,80	3,20	3,60	4,20	3,10	3,60	4,00	4,60	4,80	5,20
28. VII 1964	—	2,60	2,40	2,30	2,80	2,80	3,20	3,60	3,40	3,60	4,80
3. VI 1967	3,45	3,45	3,70	—	2,80	3,25	3,40	3,50	3,75	3,80	4,00
15. VII 1967	3,37	3,50	3,45	—	3,60	3,40	—	3,80	4,00	4,05	4,00
31. X 1967	3,95	4,00	3,95	—	3,90	3,95	—	4,00	3,65	4,05	4,10
Третий створ, 4500 м от ЮГК											
21. X 1963	—	4,20	—	3,60	4,00	4,00	—	4,60	7,20	—	—
15. VI 1964	3,80	3,20	3,60	2,40	2,20	4,20	4,80	6,20	6,80	7,40	7,80
10. VII 1964	—	3,40	2,40	2,75	3,40	2,25	3,20	2,85	4,00	—	—
3. VI 1967	3,35	3,45	3,75	3,55	3,85	3,30	3,50	3,60	4,05	3,85	3,80
15. VII 1967	—	3,70	3,55	3,35	3,75	3,50	3,60	3,70	3,90	3,80	3,60
31. X 1967	3,10	3,15	3,52	3,50	—	3,60	3,75	3,85	—	4,00	3,80

жению среднесуглинистых грунтах северо-восточной части Голодной степи поддерживать грунтовые воды на глубине около 3 м. В зимне-весенний период под влиянием атмосферных осадков грунтовые воды здесь могут подниматься без ущерба для мелиоративного состояния до 1 м в январе-феврале и до 1,5—2 м в марте — к концу апреля, в мае грунтовые воды уже следует понизить до 2 м, в июне — до 2,5 и в июле — до 3—3,5 м. При этом оросительная норма для хлопчатника повысится до 4—5 тыс. м³/га в зависимости от метеорологических условий года, а потребность в промывных поливах будет не чаще 2 раз в ротацию севооборота, а затем необходимость в них отпадет.

Н. Ф. Беспалов (1971) для таких условий (III_{ав}) рекомендует оросительную норму 4800 м³/га при запасном поливе 1800 м³/га.

Этот режим, равно как и составленный нами для Хорезмской области, утвержден Советом Министров УзССР и принят для внедрения.

Т а б л и ц а 57

Минерализация грунтовых вод в зависимости от расстояния до ЮГК, г/л

Дата наблюдений	Скважина										
	1	2	3	4	5	6					
Первый створ. 1200 м от ЮГК											
5. VI 1964 г.		1,870	18,230	2,470	23,150	3,050	32,740	1,870	17,380	3,860	
12. VIII 1964 г.		1,320	14,900	1,900	22,400	—	—	1,270	16,900	8,180	
28. V 1966 г.		0,060	4,330							1,330	
28. VIII 1966 г.										0,630	
Второй створ, 3000 м от ЮГК											
15. VI 1963 г.		5,151	56,175	—	—	3,770	41,180	—	—	4,973	
31. V 1964 г.		2,310	22,235	3,360	31,500	5,110	52,990	7,000	37,835	4,480	
30. VII 1966 г.		2,590	25,000							0,520	
16. XI 1966 г.	2,590	25,760	2,730	26,705	2,210	25,983	2,660	21,385	0,420	22,605	
Третий створ, 4500 м от ЮГК											
23. V 1964 г.	—	—	3,610	27,099	4,020	24,420	—	—	6,100	29,840	4,020
14. XI 1966 г.	0,140	7,735	1,540	16,270	6,580	27,665	3,710	25,590	4,830	34,010	7,210

Дата наблюдений	Скважина					
	6	7	8	9	10	11
Первый створ, 1200 м от ЮГК						
5.VI 1964 г.	33,680	2,290	19,800	—	—	—
12.VIII 1964 г.	59,000	1,380	20,800	2,020	21,400	1,780
28.V 1966 г.	13,615	1,470	19,030	—	—	—
28.VIII 1966 г.	10,000	—	—	2,170	22,370	2,520
				20,745	2,450	23,575
						4,340
						41,050
Второй створ, 3000 м от ЮГК						
15.VI 1963 г.	44,665	—	—	—	—	—
31.V 1964 г.	43,625	5,530	48,360	—	—	—
30.VII 1966 г.	23,560	1,680	18,050	—	—	—
16.XI 1966 г.				4,900	36,410	0,980
						13,180
						3,360
						19,730
Третий створ, 4500 м от ЮГК						
23.V 1964 г.	19,580	—	—	5,340	26,710	—
14.XI 1966 г.	30,605	4,550	20,550	1,750	18,500	—

Примечание. Для каждой скважины в 1-й колонке—содержание хлора, во 2-й—плотного остатка.

Для промывок в Голодной степи практически нет времени, так как возможны они только с октября до половины декабря, а это—период сбора урожая. В январе они не могут быть проведены по

температурным условиям (табл. 12), а позже грунтовые воды поднимаются под влиянием атмосферных осадков и подземного притока, при наложении на них промывных поливов грунтовые воды выходят на поверхность и задерживают сев до начала и даже половины мая.

В юго-западной части Голодной степи, т. е. в зоне Южно-Голодностепского канала на землях с наличием тяжелых по механическому составу почв в нижней части почвенного профиля или с прослойками глины в перспективе должен быть режим грунтовых вод с минимальным положением уровня в июле-августе до 2—2,5 м, а в более однородных по слоению грунтах, которые в целинном состоянии характеризуются наличием гипсированных прослоек, при освоении необходим открытый глубокий (2,5—3,5 и 4 м) дренаж при междурениях 200—300 м или 800—1000 м, но в сочетании с мелким временным дренажем. В перспективе и здесь наиболее рациональным будет режим грунтовых вод, аналогичный северо-восточной части, т. е. с минимумом в июле-августе около 3 м и глубже.

Для Ферганской долины на землях со слоением грунтов, аналогичным условиям станции Федченко (Ферганская опытная станция), наиболее целесообразным режимом грунтовых вод является режим сложившийся на опытной станции, т. е. со следующими глубинами грунтовых вод в течение года.

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Глубина, м	1,5	1,5	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,6	1,6	1,0

Такой режим уровня поддерживается системой открытого и закрытого дренажа глубиной 2—2,5 м при ширине междурений 190—210 м.

При открытом дренаже глубиной 1,6—2 м минерализация грунтовых вод устойчиво держалась в пределах 5—7 г/л по плотному остатку, 0,30—0,15 г/л по иону хлора и 0,2—0,4 г/л по общей щелочности. С заглублением дренажа до 2—2,5 м с переходом на закрытую систему в 1964 г. минерализация грунтовых вод снизилась до 3—3,5 г/л. В таких условиях в средние по метеорологическим условиям годы опытная станция и окружающие колхозы применяют оросительные нормы для хлопчатника 4—4,5 тыс. м³/га и обязательную промывку нормой 2,5—3,0 тыс. м³/га.

При этом солевой режим почвы складывается так, как показано в табл. 58, где дана динамика солей при выборках почвенных образцов в период сева, т. е. после промывки. Но засоление идет от момента сбора урожая до промывки и от окончания промывки до посева (табл. 59).

Уменьшение оросительной нормы до 2700 м³/га (в опыте А. Кадырова, 1968 г.) не повлекло за собой снижения урожайности хлопчатника, но обусловило накопление иона хлора в метровом слое почвы и заметно уменьшило вымыв плотного остатка, т. е. сократило вымыв сульфатной части (табл. 59).

В обычные по метеорологическим условиям годы в условиях Ферганы всегда наблюдается накопление солей в невегетационный период, что обусловлено ветровой деятельностью и малым количеством атмосферных осадков (табл. 12). Поэтому здесь и особенно в Кокандской группе районов нередко кроме обычных промывных применяют еще подпитывающие поливы, число которых в отдельные годы достигает двух-трех.

Таблица 58

Динамика засоления почвенного слоя в условиях Ферганской опытной станции при промывке и без нее, % (данные Зухуровой, 1968)

Гори- зонт	Хлор				Плотный остаток				HCO ₃				Урожай, ц/га
	перед про- мывкой	после промывки	период сева	конец вегетации	перед промывкой	после промывки	период сева	конец вегетации	перед промывкой	после промывки	период сева	конец вегетации	
Промывка нормой 3000 м ³ /га 27.XII 1967 г. Оросительная норма 4960 м ³ /га													
0—20	0,009	0,005	0,012	0,005	0,504	0,262	0,821	0,203	0,021	0,023	0,032	0,045	30,6
20—40	0,005	0,004	0,011	0,004	0,652	0,660	0,773	0,234	0,028	0,015	0,033	0,045	
40—60	0,006	0,004	0,011	0,004	1,018	0,980	0,866	0,262	0,028	0,013	0,028	0,043	
60—80	0,004	0,004	0,011	0,005	1,192	0,958	0,983	0,697	0,018	0,011	0,026	0,041	
80—100	0,004	0,004	0,010	0,004	1,387	1,119	1,263	1,197	0,019	0,011	0,024	0,039	

Без промывки. Оросительная норма 4960 м³/га

0—20	0,010	0,013	0,011	0,005	0,316	0,834	1,008	0,369	0,028	0,027	0,019	0,031	30,5
20—40	0,008	0,010	0,012	0,006	0,339	0,891	1,016	0,348	0,019	0,027	0,035	0,030	
40—60	0,007	0,009	0,012	0,005	1,003	1,110	1,176	0,623	0,028	0,025	0,032	0,025	
60—80	0,008	0,010	0,012	0,006	1,122	1,290	1,280	0,958	0,024	0,025	0,030	0,025	
80—100	0,007	0,010	0,013	0,005	1,224	1,399	1,933	0,996	0,022	0,022	0,031	0,019	

Примечание. Глубина залегания грунтовых вод на опытном участке от 0,8 м в марте до 1,16 м в июне и 1,44 м в сентябре. Минерализация по хлору — 0,419, по плотному остатку — 10,5 г/л.

В Кувинском районе (ст. Федченко) и аналогичных ему по сложению грунтов и метеорологическим условиям нет необходимости в большом понижении грунтовых вод, которые очень мало участвуют в создании урожая. Промывные же поливы здесь необходимы не только для вымыва солей, но и, главным образом, для создания необходимого запаса почвенной влаги к моменту сева и для первой фазы вегетации. Промывки здесь производятся в январе-феврале и меньше — в марте. Влияние их на режим грунтовых вод здесь сказывается меньше, чем в Голодной степи, вследствие меньшей величины атмосферных осадков и почти полного отсутствия подземного притока. Поэтому сложившийся на опытной станции режим грунтовых вод является оптимальным и в заглублении их нет необходимости. Уменьшение оросительных норм здесь также не желательно, во избежание засоления почвы.

Промывные поливы, как это видно из опытов З. Зухуровой (1968), выполняют две функции: во-первых, производят некоторое опреснение почвы, хотя практически в промывках нет нужды, во-вторых, создают запас почвенной влаги, причем максимальный урожай хлопка 36,0 ц/га получен от промывки, проведенной в половине января той же нормой.

Таблица 59

Динамика засоления на Ферганской опытной станции по годам, %

Горизонт, см	Хлор, %			Плотный остаток			НСО ₃		
	1964 весна	1964 осень	1965 весна	1964 весна	1964 осень	1965 весна	1964 весна	1964 осень	1965 весна

Данные Н. С. Сурминского

0—10	0,017	0,011	0,023	1,168	1,019	1,093	0,021	0,020	0,011
10—20	0,013	0,008	0,014	1,021	1,010	1,153	0,022	0,020	0,012
20—30	0,012	0,007	0,011	1,082	0,934	1,351	0,021	0,020	0,012
30—50	0,012	0,007	0,009	1,052	1,050	1,226	0,021	0,018	0,012
50—70	0,014	0,007	0,009	1,222	1,137	1,298	0,022	0,017	0,010
70—100	0,012	0,007	0,009	1,078	1,103	1,432	0,019	0,015	0,009

Данные А. Кадырова

Хлопчатник. Оросительная норма — 4000 м³/га

1968 г.

1968 г.

1968 г.

0—10	0,009	0,009	0,834	0,224	0,035	0,031
10—20	0,007	0,009	0,850	0,366	0,035	0,031
20—30	0,007	0,007	1,376	0,250	0,033	0,040
30—50	0,007	0,010	1,580	0,334	0,026	0,039
50—70	0,007	0,008	1,368	1,030	0,027	0,034
70—100	0,006	0,009	1,400	1,234	0,026	0,031

Хлопчатник. Оросительная норма — 2700 м³/га

0—10	0,009	0,016	0,720	0,438	0,034	0,031
10—20	0,006	0,017	0,570	0,512	0,034	0,034
20—30	0,007	0,011	1,100	0,586	0,034	0,033
30—50	0,007	0,012	1,486	0,802	0,031	0,031
50—70	0,007	0,007	1,468	0,780	0,030	0,033
70—100	0,006	0,009	1,564	1,028	0,029	0,034

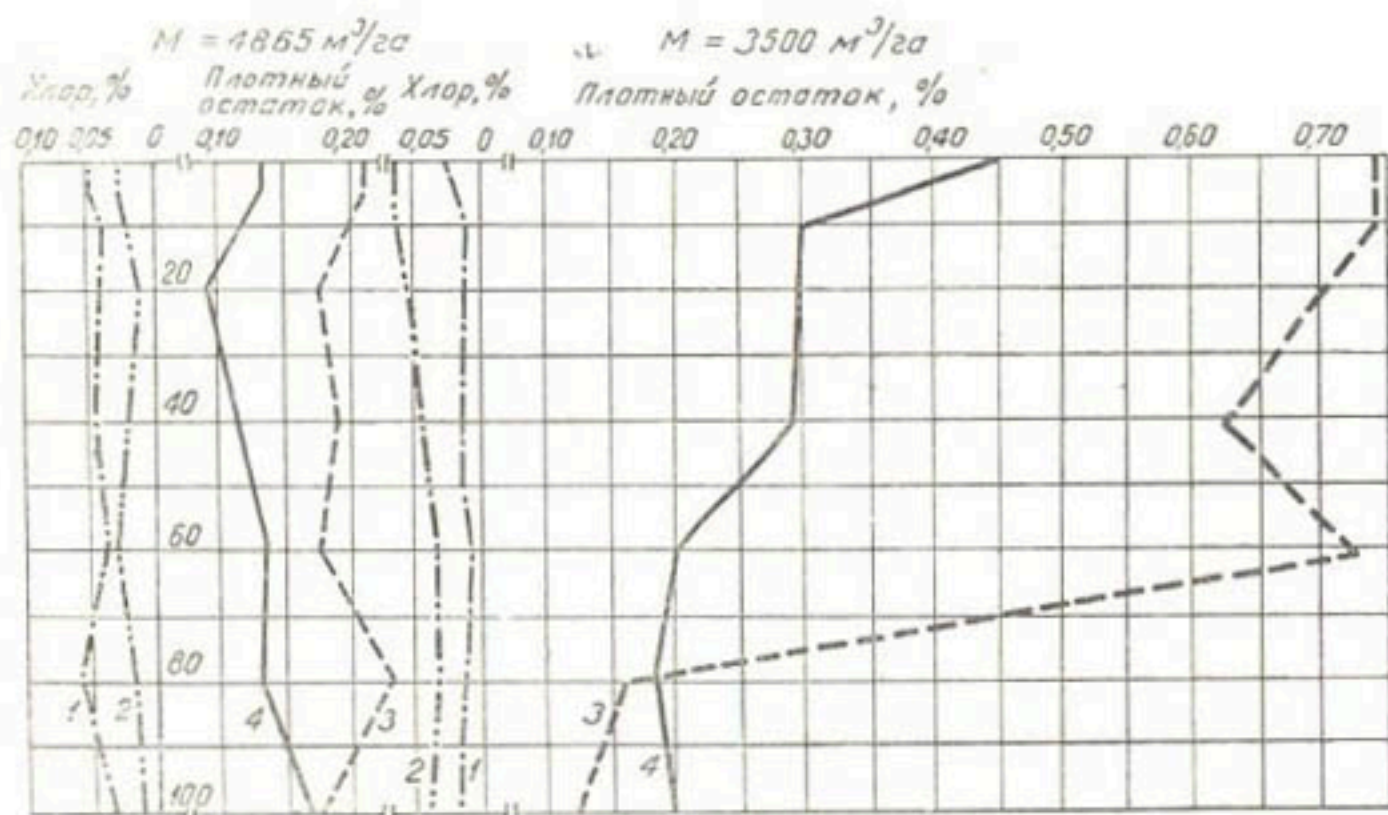
Заглубление уровней грунтовых вод не может исключить поливов в зимний или ранневесенний период, так как поливы нужны не столько для промывки, сколько для создания запаса влаги.

В условиях Хорезмского оазиса в зоне влияния крупных ирригационных каналов грунтовые воды в период промывок и вегетационных поливов, т. е. с февраля — марта до начала сентября, залегают на глубине от 0,8—0,9 до 1,3 м, в удалении от крупных каналов — на глубине от 1,4—1,5 до 1,8—1,9 м. Зимой, когда отсутствует вода в каналах, они везде понижаются до 2—2,5 и 2,5—3 м.

Минерализация грунтовых вод в последние годы после ввода в эксплуатацию ряда крупных коллекторов межрайонного и межреспубликанского значения снизилась до 2,5—3,5 м, реже — до 4—5 г/л по плотному остатку.

Все орошаемые земли оазиса подвергаются обязательной трех-четырёхкратной промывке при средних величинах промывных норм 3,5—4,0 тыс. м³/га, но на отдельных участках они достигают 5—6 тыс. м³/га при пяти и даже шести промывных поливах за сезон.

При близком залегании грунтовых вод в условиях опытной



22. Сезонные изменения содержания солей в почвах Хорезма в зависимости от оросительной нормы. Глубина грунтовых вод 1,4—1,8 м.

Хлор: 1—весна, 2—осень; плотный остаток: 3—весна, 4—осень.

станции СоюзНИХИ обычно применяют оросительные нормы (для хлопчатника) 2—2,5, реже 3 тыс. м³/га.

В условиях более глубокого залегания грунтовых вод в хозяйствах области оросительные нормы нетто изменяются от 3,5 до 5,0 тыс. м³/га.

Наблюдения за солевым режимом почвенного профиля, проведенные С. Матьякубовым, показали, что сезонная миграция солей при глубине грунтовых вод 1,5—1,8 м определяется величиной оросительной нормы (рис. 22). При повышении оросительной нормы до 5 тыс. м³/га сезонное засоление практически отсутствует и необходимости в промывных поливах нет. С уменьшением оросительных норм до 3,5 тыс. м³/га возникает сезонное засоление и промывки действительно необходимы.

При глубине грунтовых вод 0,9—1,3 м засоление корнеобитаемого слоя происходит почти независимо от величины оросительной нормы, урожаи же хлопчатника снижаются с повышением ороси-

тельных норм выше 4 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$ и с понижением до 1700 $\text{м}^3/\text{га}$ (табл. 60).

Таким образом, при современном мелиоративном состоянии земель Хорезмского оазиса в зоне влияния крупных ирригационных каналов, типа канала Шават, оптимальная оросительная норма для хлопчатника должна изменяться в пределах 2—2,5 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$, при этом промывная норма должна быть около 4 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$.

С понижением грунтовых вод до глубин 1,3—1,7 м, имеющем место в настоящее время только в значительном удалении от канала, для выращивания урожаев до 40 $\text{ц}/\text{га}$ достаточна оросительная норма 3500—3700 $\text{м}^3/\text{га}$ и, кроме того, промывная норма тоже 4 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$.

При повышении оросительной нормы до 4800—5000 $\text{м}^3/\text{га}$ урожай хлопка-сырца повышается до 50 $\text{ц}/\text{га}$ и выше. Кроме того, в вегетационный период уже не происходит засоления ни по хлору, ни по плотному остатку. Следовательно, исчезает потребность в промывных поливах. Однако на самом деле в условиях Хорезма, вследствие очень малого количества атмосферных осадков, без поливов в невегетационный период обойтись нельзя, так как нужно создать запас влаги для получения всходов. Поэтому считаем, что примерно в течение второй половины марта и первой половины апреля нужно давать запасной полив нормой 2000—2500 $\text{м}^3/\text{га}$ на всех землях с глубиной грунтовых вод 1,5—1,8 м в период вегетации, где оросительная норма вегетационного периода не меньше 4800—5000 $\text{м}^3/\text{га}$ (Киселева, Лифшиц, 1971). На землях, получающих оросительную норму менее 4 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$, промывки должны идти обычными нормами — 4,0—4,5 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$.

Таблица 60

Сезонное засоление почв под хлопчатником в Хорезмском оазисе
в зависимости от оросительной нормы, % (данные Ш. Ибрагимова, 1966)

Горизонт, см	Оросительная норма, $\text{м}^3/\text{га}$											
	2050				2700				4170			
	хлор		плотн. ост.		хлор		плотн. ост.		хлор		плотн. ост.	
	4.V	13.IX	4.V	13.IX	4.V	13.IX	4.V	13.IX	4.V	13.IX	4.V	13.IX
0—20	0,038	0,085	0,378	0,653	0,039	0,114	0,245	0,832	0,030	0,079	0,498	0,679
0—40	0,034	0,077	0,296	0,559	0,035	0,089	0,219	0,640	0,041	0,061	0,378	0,581
40—100	0,034	0,062	0,190	0,401	0,039	0,060	0,173	0,365	0,016	0,038	0,293	0,291
0—100	0,035	0,075	0,288	0,538	0,038	0,088	0,212	0,612	0,039	0,059	0,390	0,517
Урожай, $\text{ц}/\text{га}$	44,0				42,2				41,9			
					48,9				34,9			

А. А. Рачинский (1964) предлагает нормы осушения для Хорезмского оазиса в зависимости от механического состава почв и степени их засоления.

Ф. М. Рахимбаев (1962) критические глубины грунтовых вод в Хорезмском оазисе определяет в зависимости от их минерализации и исходного содержания хлора в метровом слое почвы.

Нам кажется, что такая дифференциация не оправдана, так как в Хорезмском оазисе степень засоления почв при самой слабой минерализации грунтовых вод 2,5—3,5 г/л по плотному остатку зависит от величины оросительной нормы при глубине грунтовых вод 1,5—1,8 м. При более близком залегании грунтовых вод сезонное засоление практически не зависит от оросительной нормы. Поэтому, на наш взгляд, в Хорезмском оазисе очень важно на всей территории понизить грунтовые воды до 1,5—1,8 м в период вегетации.

Правда, на территориях, прилегающих непосредственно к каналам, сделать это невозможно без противифльтрационных одежд. В Бухарском оазисе, по данным большинства наблюдений, оптимальная глубина грунтовых вод в период вегетации равна 1,5—1,7 м, так как при такой глубине обеспечивается наибольший урожай хлопка-сырца при сравнительно невысоких затратах оросительной воды—в пределах 4—4,5 тыс. м³/га.

В зоне влияния коллектора «Чакмак» был разбит створ наблюдательных скважин для учета уровня грунтовых вод, а рядом с каждой скважиной—площадка размером 4,8 м² для учета развития растений и накопления урожая. В результате этих наблюдений, проведенных С. Азимовым, выявлена следующая зависимость биологического урожая от глубины залегания грунтовых вод.

<i>Средн. глубина гр. вод за вег. период, м</i>	<i>Урожай, ц/га</i>	<i>Средн. глубина гр. вод за вег. период, м</i>	<i>Урожай, ц/га</i>
3,4	23,7	1,8	39,4
3,2	25,1	1,7	42,1
3,1	25,9	1,6	31,9
3,0	35,2	1,5	39,3
2,9	36,0	1,4	18,3
2,4	39,1		

Судя по данным этих однолетних наблюдений, оптимальной надо считать глубину 1,5—1,8 м, а точнее 1,6—1,7 м, так как именно в этом диапазоне были максимальные урожаи (42 ц/га). Заглубление грунтовых вод до 2,5—3,0 м снижает урожайность до 39—36, а заглубление более чем на 3 м—до 25—24 ц/га. Повышение уровня на 20—30 см снизило урожай хлопка-сырца в 2,3 раза.

Аналогичные результаты получены в Гиждуванском районе при минерализации грунтовых вод около 2 г/л по плотному остатку и оросительной норме 7500 м³/га (Киселева и Каххаров, 1969). Самый высокий урожай (41,9 ц/га) здесь получен при средней за вегетационный период глубине грунтовых вод 1,9 м, а при глу-

бине 1,4 м—27,1 ц/га. Снижение урожая, видимо, обусловлено избыточной влажностью корнеобитаемого слоя. В апреле при близких грунтовых водах влажность его была на 3,1% выше, чем при оптимальной глубине, а в конце июля перед очередным поливом—на 1,3% от веса абсолютно сухой почвы. Кроме того, в период сева содержание хлора в корнеобитаемом слое было 0,023% при близких грунтовых водах и 0,017% при оптимальной глубине их залегания.

В Каганском районе Бухарской области Х. Хакбердыевым наиболее устойчивые урожаи хлопка в течение 1967 г. (31,8) и 1968 г. (31,6 ц/га) получены при следующих режимах уровня грунтовых вод в зоне влияния скважины вертикального дренажа.

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средн. за год
Глубина, м, I													
1967 г.	3	—	—	0,98	1,24	1,78	2,01	1,91	2,07	2,45	2,86	3,06	3,10
1968 г.	3,0	1,9	0,93	1,28	1,69	2,17	2,19	1,79	1,57	1,86	2,62	2,76	3,10

Минерализация грунтовых вод при этом изменилась от 0,32 до 0,59 г/л по иону хлора и от 5,82 до 6,44 г/л по плотному остатку.

Засоленность почвенного профиля в среднем на метровый слой уменьшилась от посева до созревания по хлору с 0,017 до 0,015%, а по плотному остатку—с 0,333 до 0,302%.

При сезонных колебаниях уровня грунтовых вод в пределах:

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1968 г.	2,5	1,4	1,7	2,3	2,5	2,3	2,1	1,8	2,7	3,2	3,2	3,3
1967 г.	3,1	2,5	1,7	1,7	2,1	2,2	2,1	2,2	2,6	3,1	3,3	3,4

урожай хлопка-сырца в 1967 г. составил 28,7 ц/га, в 1968 г.—32,8 ц/га. Видимо, потеря 4 ц/га обусловлена понижением уровня грунтовых вод в августе, когда хлопчатник расходует наибольшее их количество. При указанных уровнях минерализация грунтовых вод была 0,46—0,61 г/л по хлору и 6,38—8,9 г/л по плотному остатку. Такая минерализация не мешала развитию хлопчатника, так как в течение вегетационного периода в метровом слое почвы не произошло изменений по хлору (0,013—0,012%), а содержание плотного остатка уменьшилось с 0,278 до 0,233%.

В этом опыте учитывали оросительную воду, но, судя по величинам урожая, при глубине грунтовых вод более 2 м в 1968 г. воды для получения высокого урожая было недостаточно. Еще меньшие урожаи (20,7 ц/га в 1967 г. и 28,0 ц/га в 1968 г.) получены при глубине грунтовых вод от 2,5 м в июне—июле до 3,2—2,9 м в мае и сентябре.

Таким образом, заглубление грунтовых вод ниже 2 м, как и подъем их выше 1,5 м, в районах Бухарской области нецелесообразен.

Оптимальная глубина грунтовых вод в период вегетации хлопчатника находится в пределах 1,6—1,8 м. Этот же вывод можно сделать и из опытов А. Г. Кима (1962).

В Бухарской области обязательно применение промывных поливов, так как этот район характеризуется малым количеством атмосферных осадков и испытывает засоление зимой; кроме того, влаги от атмосферных осадков в обычные годы недостаточно для получения всходов. Поэтому при любой глубине грунтовых вод проведение промывных, а чаще запасных поливов, обязательно.

Выводы

1. Главный показатель, определяющий мелиоративное состояние земель, подверженных процессам засоления,—глубина залегания грунтовых вод в вегетационный период. Если глубина выбрана и поддерживается в соответствии с литологией, то минерализация их при правильном режиме орошения значения не имеет.

2. Оптимальная глубина грунтовых вод определяется механическим составом профиля и чередованием слоев, различающихся по механическому составу.

3. При утяжелении механического состава в нижней части профиля допустимая глубина грунтовых вод уменьшается.

4. Приближение грунтовых вод к поверхности почвы в средне-суглинистых грунтах однородного сложения (лессовидные суглинки Голодной степи) позволяет сокращать величину оросительной нормы в вегетационный период, но одновременно повышает потребность в промывных поливах с превышением промывной нормы в 2,5—3 раза по сравнению с оросительной.

5. Оптимальные глубины грунтовых вод по областям и оазисам должны быть различными.

А. Голодная степь, большая часть которой представлена мощными отложениями однородных суглинков, требует понижения грунтовых вод до 2,5—3 м. Но мы считаем, что более целесообразно в июле—августе держать их на глубине 3 м и более, так как в этом случае не будет различий в режиме орошения по длине кривой депрессии, что позволит выравнивать не только режим орошения, но и всю агротехнику хлопчатника и сопутствующих культур. Такое понижение грунтовых вод может быть достигнуто системой вертикального дренажа при определенном режиме работы.

В этом случае промывные поливы, для которых в Голодной степи нет времени, в эксплуатационный период исключаются. Оросительные нормы для хлопчатника потребуются в пределах 4,5—5,0 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$, а для люцерны до 6,5—7,5 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$.

В юго-западной части Голодной степи в зоне Южно-Голодно-степского канала на период освоения необходимо иметь систему глубоких коллекторов в сочетании с временным дренажем. В эксплуатационный период можно оставить только сеть глубоких коллекторов (2,5—4 м), часть которых может быть выполнена в виде закрытой сети, но с параметрами, не допускающими подъема грунтовых вод в вегетационный период выше 2—2,5 м. В этой части степи капиллярный подток от грунтовых вод пока не принимает участия в создании урожая. Поэтому вся потребность во влаге должна удовлетворяться орошением: хлоп-

чатника 5—6 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$ в перспективе, для люцерны 7,5—8,5 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$.

Б. Ферганская долина в большинстве своем представлена тяжелыми грунтами в нижней части профиля, что позволяет держать грунтовые воды в период вегетации на глубине не менее 1,2—1,5 м. Это легко достигается системой горизонтального дренажа глубиной 2—2,5 м закрытого и открытого типов.

Оросительные нормы для хлопчатника 4—4,5 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$, для люцерны 5,5—7 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$.

В. Хорезмский оазис, сформированный на аллювиальных отложениях Амударьи с мощным слоем агроирригационных наносов преимущественно тяжелого механического состава, характеризуется наличием двух зон по глубине залегания грунтовых вод в вегетационный период.

1. Территории, непосредственно примыкающие к крупным ирригационным каналам, постоянно подпитываются их фильтрационными водами. Поэтому глубина залегания грунтовых вод здесь колеблется от 0,9 до 1,3 м. Понизить их глубже в период вегетации не представляется возможным, в связи с чем принимается следующий оптимальный режим орошения этих земель: —2—2,5 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$ —на полив хлопчатника в вегетационный период и 4—5 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$ —на промывные поливы.

2. Территории, удаленные от каналов, характеризуются глубиной грунтовых вод в период вегетации от 1,6 в мае до 2,0 м в сентябре. Оптимальный режим орошения хлопчатника в этих условиях 4,8—5,0 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$ и примерно 2—2,5 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$ —в качестве запасного полива или 4,0 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$ —в вегетационный период и 3,5—4 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$ —для промывки.

Для люцерны оросительные нормы соответственно повышаются до 3,5—5 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$ на территориях, примыкающих к каналам, и до 6—7,5 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$ в удалении от них.

Регулирование грунтовых вод в Хорезмском оазисе успешно осуществляется системой открытых коллекторов с удельной протяженностью около 30 пог. м/га.

Г. В Бухарском оазисе оптимальная глубина понижения грунтовых вод от 1,6 до 1,8—1,9 м. Для создания такой глубины нет необходимости в строительстве вертикального дренажа, который требует дифференцированного режима орошения по длине кривой депрессии, а при несоблюдении его вносит большую пестроту в урожай.

Регулирование грунтовых вод здесь целесообразно осуществлять системой горизонтального дренажа открытого или закрытого типов при удельной протяженности около 20—25 пог. м/га.

Вообще же при назначении глубины залегания грунтовых вод на орошаемых землях, подверженных засолению, следует руководствоваться не только гидрогеологическими условиями, но и почвенными картами, на которых указан механический состав почвенно-грунтовой толщи мощностью 3—4 м.

ЛИТЕРАТУРА

- Аверьянов С. Ф. Вопросы обоснования дренажа орошаемых земель. В кн. «Борьба с засолением орошаемых земель». М., Изд-во «Колос», 1967.
- Алимов М. С. Процессы испарения грунтовых вод и методы их изучения, Автореф. канд. дисс., 1967.
- Алпатов С. М. Режимы орошения сельскохозяйственных культур Юга Европейской части СССР, Киев, УкрНИИГИМ, 1966.
- Антонова Г. Д. Гидрогеологические условия Голодной степи в связи с мелиорацией и водоснабжением. Тр. II Узбекского гидрогеологического совещания, Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1959.
- Антипов-Каратаев И. Н., Грабовская О. А., Керзум П. А. [и др.]. Засоление почв Вахшской долины и меры борьбы с ним. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1946.
- Балябо Н. К. Повышение плодородия почвы орошаемой хлопковой зоны. М., 1954.
- Банасевич И. Н., Зонн С. В., Козмина Т. И., Маккавеев И. Н. Процессы засоления и рассоления почв в связи с грунтовыми водами. Тр. Дагестанского НИИГИМ, вып. 72, Изд-во ВАСХНИЛ, 1934.
- Беседнов Н. А. Мелиорация засоленных почв, М., Сельхозгиз, 1958.
- Беспалов Н. Ф. Физические свойства светлых сероземов и их улучшение под влиянием культуры трав в севообороте. В кн. «Вопросы мелиорации Голодной степи». Тр. СоюзНИХИ, Ташкент, 1957.
- Варунцян Э. С. Форсированная промывка на базе постоянных и временных глубоких дренажей с целью быстрого необратимого рассоления засоленных земель. В кн. «Борьба с засолениями земель», М., Изд-во «Колос», 1967.
- Волобуев В. Р. Засоление почв в Азербайджане в естественно-историческом и мелиоративном освещении, М., 1945.
- Владимиров А. Г. Мелиоративно-гидрогеологические условия и дренаж в Сырдарьинском районе Голодной степи. «Гидротехника и мелиорация», 1951, № 10.
- Габдракипов Ф. Режим орошения хлопчатника в Бухарском оазисе при различном уровне залегания грунтовых вод. Автореф. канд. дисс., Ташкент, 1971.
- Генусов А. З., Горбунов Б. В., Кимберг Н. В. Почвенно-климатическое районирование Узбекистана в сельскохозяйственных целях. Ташкент, Узб. АСХИ. Ин-т Почвоведения, 1960.
- Горбунов Б. В. Почвы Андижанской области. Почвы Узбекистана, т. I, 1949; т. II 1957.

- Грабовская О. А. Рассоление засоленных почв и солончаков Таджикистана, Изд-во АН ТаджССР, 1954.
- Грабовская О. А. Мелиорация засоленных земель в Таджикистане, «Хлопководство», 1956, № 1.
- Гейнц В. А. Формирование запасов подземных вод на конусах выноса и использование их в ирригации на примере конуса выноса р. Сох. Тр. II Узбекского гидрогеологического совещания, Изд-во АН УзССР, 1959, стр. 150—161.
- Георгиевский Б. М. Южный Хорезм. Геологические и гидрогеологические исследования 1925—1935 гг. Ч. I, Изд. Комитета наук УзССР, 1937.
- Голованов А. И., Паласиос О. Об определении зависимости запасов почвенной влаги от глубины грунтовых вод, «Почвоведение», 1968, № 1.
- Гребенников В. Н. Дренаж засоленных земель, Изд-во Узбекистан, 1968.
- Давий К. А. Изменение химических свойств засоленных целинных почв под влиянием орошения, «Почвоведение», 1965, № 8.
- Егоров В. В. Мелиорация и борьба с засолением почв, В кн. «Вопросы развития сельскохозяйственного производства на орошаемых и осушенных землях», М., Изд-во «Наука», 1967.
- Калюжный И. С. Мелиоративное районирование почв Центральной Ферганы, «Социалистическое сельское хозяйство Узбекистана», 1956, № 12.
- Кац Д. М. Режим грунтовых вод и его регулирование, М., Изд-во СХЛ, 1963.
- Кенесарин Н. А. Влияние глубин залегания и химизма грунтовых вод на урожайность хлопчатника. «Вестник АН КазССР», 1948, № 2.
- Ким А. Г. Изучение действия коллекторно-дренажной сети в колхозе им. Ленина Бухарского района, «Сельское хозяйство Узбекистана», 1962, № 7.
- Киселева И. К. Режим грунтовых вод совхоза «Пахтаарал» и некоторые пути его регулирования, «Почвоведение», 1955, № 10.
- Киселева И. К., Турсунходжаев З. С. О поливном режиме хлопчатника в Голодной степи. «Сельское хозяйство Узбекистана», 1956, № 6.
- Киселева И. К. Опыт мелиоративного регулирования режима грунтовых вод Голодной степи на примере совхоза «Пахтаарал», В кн. «Вопросы мелиорации Голодной степи». Ташкент, 1957.
- Киселева И. К. К вопросу о мелиорации засоленных земель Голодной степи. Тезисы докладов на Всесоюзной научно-технической конференции по вопросам борьбы с засолением 28—31. I 1964 г. М., 1963.
- Киселева И. К. К вопросу о критическом режиме грунтовых вод, Тр. ЦОМС СоюзНИХИ, вып. 1, 1962.
- Киселева И. К. К вопросу освоения земель в зоне ЮГК «Хлопководство», 1963, № 1.
- Киселева И. К. Нормы опреснения и осушения земель Голодной степи, Тр. СоюзНИХИ, вып. 7, Ташкент, 1965.
- Киселева И. К., Матъякубов И. С. Водопотребление хлопчатника в условиях Хорезма, «Хлопководство», 1969, № 5.
- Киселева И. К. Факторы, определяющие мелиоративное состояние орошаемых земель, Тр. СоюзНИХИ, вып. XVIII, 1970.
- Киселева И. К. Об оптимальном мелиоративном режиме северо-восточной части Голодной степи, «Хлопководство», 1971, № 7.
- Ковда В. А. Происхождение и режим засоленных почв, Т. I, II, 1947.
- Ковда В. А., Егоров В. В., Морозов А. Т., Лебедев П. Закономерности соленакопления в пустынях. Труды почвенного Института им. Докучаева, т. XLIV, М., 1954.
- Крылов М. М. Динамика баланса грунтовых вод и методы его изучения в условиях орошаемых районов Узбекистана, Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1956.
- Коссович П. Водные свойства почвы. Отдельный оттиск из журнала «Опытная агрономия», 1904.
- Коньков Б. С., Петров Е. Г. Происхождение засоленных пятен. Бюллетень СоюзНИХИ, № 2, 1934.

- Корелис Л. Л. Мелиоративная эффективность вертикального дренажа в условиях совхоза «Пахтаарал», Автореф. канд. дисс. 1968.
- Ланге О. К. Геоморфология и грунтовые воды. Тр. лаборатории им. Саваренского, Т. II, М.—Л., 1949.
- Курылева Н. И. Водно-солевой режим почв орошаемой территории и его регулирование, В кн. «Тр. Бухарской областной опытной станции», вып. I, 1962.
- Легостаев В. М. Результаты исследований мелиоративных станций СоюзНИХИ, В кн. «Объединенная научная сессия АН УзССР и СоюзНИХИ по вопросам развития хлопководства», Изд-во АН УзССР, 1956.
- Легостаев В. М. К вопросу освоения почв Голодной степи, «Почвоведение», 1958, № 1.
- Легостаев В. М. Нормы осушения для почв, подверженных засолению, Тезисы докл. на Всесоюзной научно-технической конференции по вопросам борьбы с засолением 28—31. I 1964 г., М., 1964.
- Легостаев В. М. Нормы осушения почв орошаемых земель республик Средней Азии. В кн. «Борьба с засолением орошаемых земель», М., Изд-во «Колос», 1967.
- Летунов П. А. Некоторые закономерности передвижения воды и солей в орошаемых почвах и значение травопольной системы земледелия в борьбе с засолением почв, В кн. «Вопросы освоения земель Средней Азии», М., 1955.
- Лифшиц Э. А. Мелиорирующее влияние травопольных севооборотов в условиях засоленных почв Голодной степи, В кн. «Вопросы мелиорации Голодной степи», Изд. СоюзНИХИ, Ташкент, 1967.
- Лифшиц Э. А., Токмурзаев Т. Влияние дождевания на мелиоративное состояние и воднофизические свойства почв Голодной степи, Тр. СоюзНИХИ, вып. XVIII, Ташкент, 1970.
- Мингалиева А. З. Влияние способов промывок на фоне глубокого рыхления на эффективность промывных поливов, Автореф. канд. дисс., 1969.
- Миддендорф А. Очерки Ферганской долины, СПб, 1882.
- Михельсон Б. А. Приемы борьбы с засолением орошаемых земель на примере освоенной зоны Голодной степи, В кн. «Борьба с засолением орошаемых земель», М., Изд-во «Колос», 1967.
- Панков М. А. Почвы Голодной степи, В кн. «Голодная степь», Материалы СОПС Узбекистана, вып. 6, Ташкент, 1957.
- Панков М. А. Почвы Ферганской области, В кн. «Почвы УзССР», т. II, Ташкент, 1957.
- Панков М. А. Процессы засоления и рассоления почв Голодной степи, Ташкент, 1962.
- Панкратов П. А. Гидрогеологическое обоснование ирригационно-мелиоративных мероприятий в Таджикистане, Душанбе, 1969.
- Петров Е. Г., Преображенская М. В. Водно-солевой режим почв при орошении хлопчатника дождеванием, В кн. «Влияние орошения на вторичное засоление, химический состав и режим подземных вод», М., Изд-во «Наука», 1964.
- Полынов Б. Б. Определение критической глубины залегания уровня засоляющей почву грунтовой воды, Известия сектора гидротехнических и геодезических сооружений, вып. XXII, М.—Л., 1930.
- Рахимбаев Ф. К вопросу о критической глубине грунтовых вод в Хорезмском оазисе, «Сельское хозяйство Узбекистана», 1962, № 9.
- Режимы орошения и гидромодульное районирование по Узбекской ССР. Под ред. В. М. Легостаева и М. П. Медниса, Ташкент, Изд-во «Узбекистан», 1971.
- Решеткина Н. М. Гидрогеологические основы вертикального дренажа Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1960.
- Розанов А. Н. Почвы Голодной степи. Тр. Почвенного института им. Докучаева, т. XXIX, М., 1948.
- Рыжов С. Н. Орошение в Ферганской долине, Ташкент, 1948.

- Рыжов С. Н. Причины высокого естественного плодородия светлых сероземов Голодной степи, «Почвоведение», 1952, № 12.
- Рыжов С. Н. Дифференциация режимов орошения хлопчатника на почвах с близкими грунтовыми водами «Социалистическое сельское хозяйство Узбекистана», 1952, № 4.
- Рыжов С. Н. Современное состояние и пути дальнейшего повышения плодородия почв Средней Азии, «Почвоведение», 1954, № 6.
- Рыжов С. Н., Беспалов Н. Ф. Скорость подтока влаги и выноса солей в поверхностные слои почвы в светлых сероземах Голодной степи, В Сб. трудов по агрономической физике, вып. 8, 1960.
- Рыжов С. Н. Принципиальные основы орошения хлопчатника, В кн. «Влияние орошения на вторичное засоление, химический состав и режим подземных вод», М., Изд-во «Наука», 1964.
- Сурминский Н. С. Влияние режима грунтовых вод на мелиоративное состояние земель Ферганской опытной станции, В кн. «Борьба с засолением орошаемых земель», М., Изд-во «Колос», 1967.
- Сурминский Н. С. Режим грунтовых вод Ферганской опытной станции, В кн. «Физические свойства почв, применение удобрений и вопросы мелиорации», Тр. СоюзНИХИ, вып. XVIII, 1970.
- Федоров Б. В. Агромелиоративное районирование зоны орошения Средней Азии, Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1953.
- Фелициант И. Н. Опыт изучения закономерностей капиллярного передвижения воды и растворов солей в слоистых грунтах, Изд. МСХ УзССР, Ин-т Почвоведения, 1961.
- Фелициант И. Н. Почвы Хорезмской области, В кн. «Почвы Узбекской ССР», т. III, Ташкент, Изд-во «Узбекистан», 1964.
- Фелициант И. Н. Закономерности передвижения воды и солей в слоистых грунтах, Автореф. канд. дисс., Ташкент, 1970.
- Шредер В. Р. Расчетные значения оросительных норм сельскохозяйственных культур в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи, Ташкент, Средагипроводхлопок, 1969.
- Шувалов С. А. Почвы Наманганской области, В кн. «Почвы Узбекистана», т. II, 1957.
- Ходжибаев Н. И., Алимов М. С. Региональный водно-солевой баланс Голодной степи, Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1966.
- Хондроянис Я. П. Режим орошения хлопчатника на слоистых почво-грунтах новой зоны освоения Голодной степи, Автореф. канд. дисс., Ташкент, 1971.

И. Н. ИСЕЛЕВА

ЎЗБЕКИСТОННИНГ СУҒОРИЛАДИГАН ТУПРОҚЛАРИДА СУВ ВА ШЎР РЕЖИМИНИ ТАРТИБГА СОЛИШ

Шўрланишга мойил бўлган тупроқларнинг мелиоратив ҳолатини белгилайдиган асосий кўрсаткич вегетация даврида ер ости сувларининг туриш чуқурлигидир. Агарда ер ости сувларининг туриш чуқурлиги танланиб литология бўйича ушлаб турилса ва тўғри суғориш режими қўлланилса, у вақтда уларнинг минераллашиши учун ҳеч қандай аҳамият касб этмайди.

Мирзачўлнинг лёссимон қумоқ тупроқлари каби бир хил грунтли ўрта қумоқ тупроқларда ер ости сувларининг ер бетига яқинлашиши ўсув давридаги суғориш нормасини қисқартиш имконинини бериши билан бирга, шўр ювишда бериладиган сув нормасини суғоришда кетадиган сув сарфига нисбатан 1,5—3 баравар ошириб юборади.

Ўзбекистон доирасидаги воҳалар бўйича олинганда эса матбуотда нашр этилган маълумотларга кўра областлар ва воҳалар бўйича ер ости сувларининг оптимал туриш чуқурлиги ҳар хил бўлади деган хулосага келиш мумкин: а) кўпчилик қисми бир хил типдаги қумоқ ётқизиқлардан иборат бўлган Мирзачўлда ер ости сувларини 2,5—3 м гача тушириш талаб этилади. Лекин июль-август ойларида ер ости сувларини 3 м ва ундан ҳам чуқурроққа тушириш мақсадга мувофиқ деб ҳисоблаймиз. Чунки бу ҳолда қийшиқ депрессия узунлиги бўйича суғориш режимида ҳеч қандай фарқ бўлмайди. Бу эса фақат суғориш режимини тўғрилашгина эмас, балки барча экинлар агротехикасини яхшилаш имконини беради.

Бу ҳолда эксплуатация давридаги шўр ювиш уни ўтказиш учун вақт етишмайдиган Мирзачўл шаронтида кун тартибидан чиқариб ташланади. Суғориш нормаси гўза учун гектарига 4,5—5,0 минг m^3 , бедада 6,5—7,5 минг m^3 атрофида бўлади.

Мирзачўлнинг ғарби-жанубий қисми, яъни Жанубий Мирзачўл канали зонасида ерларни ўзлаштириш даврида муаққат зовурлар билан чамбарчас боглиқ бўлган чуқур зовурлар системасини жорий этиш мақсадга мувофиқдир. Эксплуатация даврида эса фақат чуқурлиги 2,5—4 м келадиган зовурларни қолдириш мумкин бўлади. Бунда зовурларнинг бир қисми ёпиқ ҳолдаги дренажлардан иборат бўлиб, улар ўсув даврида ер ости сувларини 2—2,5 м дан юқори кўтарилишига йўл қўймайди.

Перепективада ғўза учун бу миқдор гектарига 5—6 минг m^3 ва беда учун 7,5—8,5 минг m^3 ни ташкил қилади. б) Фарғона водийсининг кўпчилик қисмида тупроқ профилининг пастки қисмини механик таркиби жиҳатидан огир тупроқлар ташкил қилади. Бу эса ўсув даврида ер ости сувларининг ер бетидан камида 1,2—1,5 м чуқурликда ушлаб туриш имконини беради. Бунга 2—2,5 м чуқурликда қурилган очик ва ёпиқ типдаги горизонтал қувурлар системаси воситасида осонгина эришиш мумкин. Бунда суғориш нормаси ғўза учун гектарига 4—4,5 минг m^3 ва бедада 5,5—7 минг m^3 ни ташкил қилади. в) Амударёнинг аллювиал қуймаларидан вужудга келган ва кучли агроирригацион чўкиндилардан иборат Хоразм воҳаси ўсув даврида ер ости сувларининг туриш чуқурлиги бўйича икки зонага бўлинади.

1. Йирик суғориш каналларига яқин жойлашган территория. Бу зонага каналлардан доимий равишда сув сизиб туриши туфайли ер ости сувлари ер бетидан 0,9—1,3 м чуқурликда туради. Шу сабабли ўсув даврида ер ости сувларининг туриш чуқурлигини бундан пасайтиришнинг иложи йўқ. Шунга кўра бу зонада ғўзани суғоришдаги сув режими гектарига 2—2,5 минг m^3 ва шўр ювишда 4 минг m^3 ни ташкил қилади.

2. Каналлардан анча узоқликда жойлашган территория ўсув даврида азот сувларининг чуқур жойлашиши, яъни май ойида ер бетидан 1,6 м ва сентябрга бориб 2 м чуқурликда туриши билан характерланади. Бу хилдаги шароитда ғўза учун оптимал суғориш режими гектарига 4,8—5,0 минг m^3 ва яхоб сифатида бериладиган сув тахминан гектарига 2—2,5 минг m^3 ни ёки бўлмаса ўсув давридаги суғориш гектарига 4,0 минг m^3 ва шўр ювишда бериладиган сув сарфи 3,5—4,0 минг m^3 ни ташкил қилиши керак.

Бедазорларда эса ўсув давридаги бериладиган сув каналларга яқин жойлашган территорияда гектарига 3,5—5 минг m^3 бўлгани ҳолда каналлардан узоқ масофадаги территорияларда гектарига 6—7,5 минг m^3 га оширилади. Хоразм воҳасида ер ости сувларининг туриш чуқурлиги гектарига 30 м узунликда очик типда қурилган коллекторлар ёрдамида тўғрилаб турилади.

3) Бухоро воҳасида ер ости сувларининг оптимал туриш чуқурлиги 1,6 дан 1,8—1,9 м гача бўлмоғи керак. Ер ости сувларини ана шу чуқурликда ушлаб туриш учун тик зовурлар қуришнинг ҳожати йўқ. Чунки суғориш режимини қийшиқ депрессия бўйича табақалаштириш зарур, акс ҳолда ҳосилга путир етиши мумкин. Бу хилдаги ерларда ер ости сувларини талаб этилган чуқурликда ушлаб туриш учун гектарига ўрта ҳисобда 20—25 м узунликда очик ёки ёпиқ типда горизонтал зовурлар қуриш мақсадга мувофиқдир.

Шўрланишга мойил бўлган суғориладиган ерларда ер ости сувларининг туриш чуқурлигини белгилашда тупроқ карталаридан фойдаланиш керак, чунки уларда 3—4 м қалинликдаги тупроқ грунтининг механик таркиби кўрсатилган бўлади.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.	3
Критическая глубина грунтовых вод	6
Природные условия оазисов Узбекистана, где размещены опытно-мелиоративные станции СоюзНИХИ	15
Режим уровня грунтовых вод и факторы его формирования	39
Атмосферные осадки	40
Ирригационно-хозяйственные факторы	47
Вегетационные поливы	53
Влажность и засоление почвенного профиля.	60
Капиллярный подток	69
Солевой режим почвенного профиля	117
Выводы	144
Литература	146

Редакторы *И. Кратермзя, Д. Денисова*
Художник *П. Н. Хапилин*
Технический редактор *Р. К. Ибрагимова*
Корректор *И. Реус*

Р18359. Сдано в набор 7/IX-73 г. Подписано к печати 17/X-73 г. Формат бумаги 60×92¹/₁₆. Бумага тип. № 1. Бум. л. 4,75. Печ. л. 9,5. Уч.-изд. л. 10,8. Изд. № Н-1136. Тираж 700. Заказ 193.
Цена 92 к.

Типография издательства „Фан“ УзССР, Ташкент, ул. Черданцева, 21.
Адрес издательства: г. Ташкент, ул. Гоголя, 70.